

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Теплоенергетичний факультет

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

«На правах рукопису»

УДК 004.415.25

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Коваль О. В.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення

за спеціалізацією Інженерія програмного забезпечення розподілених систем

на тему: Агент моніторингу та управління зарядною станцією електромобіля.

Виконав: студент 6 курсу, групи ТВ-82мп
(шифр групи)

Жорновий Едуард Григорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н., Ковальчук А. М.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2019

Національний технічний університет України
“ Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”

Факультет теплоенергетичний

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

Рівень вищої освіти другий, магістерський

зі спеціальності - 121 Інженерія програмного забезпечення

за спеціалізацією - Інженерія програмного забезпечення розподілених систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль О.В.

(прізвище, ініціали)

(підпис)

« ____ » _____ 2018р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ

Жорновий Едуард Григорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Агент моніторингу та управління зарядною станцією електромобіля.

Науковий керівник Ковальчук Артем Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “ ____ ” _____ 20__ року № ____

2. Строк подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження Інформаційні системи моніторингу та управління станції підзарядки електромобіля

4. Предмет дослідження Апаратні та програмні засоби моніторингу технічного стану та управління функціональним контентом станції підзарядки електромобіля.

5. Перелік питань, які потрібно розробити Провести аналіз апаратної та програмної частини існуючих на ринку зразків зарядних станцій підзарядки електромобілів. Розробити апаратно-програмну архітектуру станції заряду електромобілів з врахуванням можливості агентного підходу. Розробити апаратно-програмний комплекс зарядної станції електромобіля із забезпеченням сервіс-орієнтованих алгоритмів взаємодії із зовнішнім середовищем (користувач, інші інформаційні системи, інші зарядні станції).

6. Орієнтований перелік ілюстративного матеріалу «Архітектура мережі Smart Grid», «Технології передачі даних в мережі Smart Grid», «Апаратна платформа розробки агенту», «Протокол взаємодії із зовнішніми агентами», «Архітектура розробленого застосунку», «Функціональні можливості агенту моніторингу»

7. Орієнтований перелік публікацій Мультиагентні системи в децентралізованих мережах енергоспоживання («Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» XVII-й міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів, студентів)

8. Дата видачі завдання « ____ » _____ 201__ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строки виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання завдання	28.09.18 р.	
2	Опрацювання літературних джерел	01.10.18 – 03.02.19 р.	
3	Підготовка матеріалів дисертації	04.02 – 31.05.19 р.	
4	Підготовка доповідей на конференції	11.03 – 29.03.19 р.	
6	Розробка програмного продукту	03.06 – 25.10.19 р.	
5	Переддипломна практика	02.09 – 25.10.19 р.	
7	Захист програмного продукту	26.10.19 р.	
8	Розробка стартап-проекту	11.11 – 19.11.19 р.	
9	Передзахист	20.11.19 р.	
10	Оформлення дисертації	21.11- 29.11.19 р.	
11	Захист	16.12.19 р.	

Студент

(підпис)

Жорновий Едуард Григорович
(прізвище та ініціали)

Науковий керівник

(підпис)

Ковальчук Артем Михайлович
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел з найменувань. Обсяг дисертації становить 93 сторінки, робота має 17 рисунків, 23 таблиці, 2 додатки.

Актуальність теми. На фоні збільшення попиту на потужних споживачів електроенергії, зокрема електромобілі, відбувається ріст навантаження на існуючі електромережі. Враховуючи обмеженість ресурсів для виробництва електроенергії відбувається впровадження диференціальних цін на електроенергію в залежності від попиту у визначені проміжки часу.

Тому постає задача забезпечити власника електромобіля таким інструментом, задачею якого є, реалізація сценарію динамічної зміни потужності підзарядки електромобіля враховуючи інформацію щодо завантаженості електромережі та пріоритети користувача щодо подальшого використання автомобіля із тяговими високовольтними акумуляторами. Тому розроблена система і користувач повинні вийти на оптимальний режим споживання енергії. Спроекований інструмент повинен надавати користувачу можливість вибору пріоритетів щодо швидкості або економічності споживання енергії.

Розроблена система є засобом для забезпечення впровадження і використання концепції управління попитом на електроенергію з боку користувача на енергетичному ринку. Застосування розробленого агенту є вигідним для усіх суб'єктів енергоринку: для кінцевих споживачів – процес підзарядки стає економічно вигідним, шляхом вибору найкращих цін на електроенергію, оптимізується режим споживання всього господарства, без необхідності збільшення резервів потужності споживання шляхом усунення періодів надмірного попиту на енергію; для виробників електроенергії - усувається необхідність побудови нових генеруючих станцій, збільшується ресурс напрацювання існуючих установок шляхом рівномірного споживання енергії на ринку.

Мета й завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є створення агенту управління та моніторингу процесу підзарядки електромобіля. Поставлена мета досягається шляхом вирішення наступних завдань: аналізу програмної частини існуючих зарядних станцій, розробки архітектури програмного забезпечення з врахуванням агентного підходу, розробки програмного забезпечення із забезпеченням сервіс-орієнтованих алгоритмів взаємодії із зовнішнім середовищем.

Об'єкт дослідження. Інформаційні системи моніторингу та управління станції підзарядки електромобіля.

Предмет дослідження. Апаратні та програмні засоби моніторингу технічного стану та управління функціональним контентом станції підзарядки електромобіля.

Методи дослідження. Математичне моделювання графіка електричного навантаження, методи об'єктно-орієнтованого програмування для формування сценаріїв поведінки системи, методи математичного моделювання, методи об'єктно орієнтованого аналізу для опису об'єктів предметної області, методи математичної статистики.

Інноваційна новизна одержаних результатів полягає у вирішенні актуальної проблеми підвищення рівня енергоефективності процесу зарядки електромобіля за рахунок оптимізації структури та режимів функціонування апаратно-програмного комплексу зарядної станції, а саме:

- Розроблено нову апаратну частину зарядної станції електромобіля, що дозволяє зменшити споживання енергії на власні потреби за рахунок оптимізації структури.
- Розроблено нові сценарії управління зарядною станцією, які дозволяють зменшити перенавантаження електричної мережі в години активного енергоспоживання за рахунок підбору оптимальних налаштувань системи.
- Розроблено web-інтерфейс зарядної станції на базі технології Progressive Web App (PWA), що дозволяє нативно інтегрувати в середовище операційної системи мобільного пристрою.

- Розроблено сценарії функціонування системи із застосування агентного підходу, що дозволяє використовувати зарядну станцію як агента мультиагентної системи, наприклад для розумної будівлі.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробленому програмно апаратному комплексі, направленому на можливість віддаленого керування потужністю підзарядки високовольтних батарей електромобілів в рамках мультиагентної мережі Smart Grid.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень, включених до дисертації, представлені на XVII міжнародній науково-практичній конференції аспірантів, магістрів, студентів на тему «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» 2019 року.

Публікації. Тези доповідей публікувалися в збірнику «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» XVII міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрів, студентів.

Ключові слова. ПОТУЖНІ СПОЖИВАЧІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, МУЛЬТИАГЕНТНІ СИСТЕМИ, C++, МІКРОКОНТРОЛЕРИ.

ABSTRACT

The research work consists with 5 sections, summary, a list of sources. This document contains 93 pages, 17 drawings, 23 tables, 2 additions.

Actuality of theme. The increasing of demand for using powerful electricity consumers, especially electric vehicles, is increasing a load on existing power grids. Due to the scarcity of resources for electricity production, differential prices for electricity depending on demand at certain intervals are going to be implemented.

Therefore, the task of developed system is to provide the owner of the electric vehicle with such a tool, the task of which is to implement the scenario of dynamic change of the charging capacity of the electric vehicle, taking into account the information on the power grid usage and the user's priorities for the further use of the car. The developed system and the user must reach the optimal mode of energy

consumption. The engineered tool should give the user the ability to prioritize the speed or cost-effectiveness of energy consumption.

The developed system is developed for the implementation and use of the concept of electricity demand management by the user in the energy market. The developed agent is beneficial for all subjects of the energy market: for end consumers - the charging process becomes cost-effective, by choosing the best prices for electricity, optimizing the consumption mode, without the need to increase the power consumption reserves by eliminating periods of excessive demand for energy; for electricity producers – the is not need to build new generating stations, and the life time of existing plants is increased by the uniform consumption of energy on the market.

The purpose and objectives of the research. The purpose of the dissertation is to create an agent to control and monitor the charging process of an electric vehicle. This goal is reaching by solving the following tasks: analysis of the software part of existing charging stations, development of software architecture with an agent-based approach, software development with provision of service-oriented algorithms for interaction with the external environment.

Object of the research. Information systems for monitoring and control of the electric vehicle charging station.

Subject of the research. Hardware and software for monitoring the technical condition and control of the functional content of the charging station of the electric vehicle.

Research methods. Mathematical modeling of electrical load graphs, object-oriented programming methods for generating system behavior scenarios, mathematical modeling methods, object-oriented analysis methods for object domain description, mathematical statistics methods.

The innovative novelty of the obtained results is to solve the urgent problem of increasing the energy efficiency of the charging process of the electric vehicle by optimizing the structure and modes of operation of the hardware and software complex of the charging station, namely:

- A new hardware part of the electric vehicle charging station has been developed, which allows to reduce energy consumption for own needs by optimizing the structure.
- New charging station management scenarios have been developed to reduce the overload of the mains in hours of active power consumption by selecting optimal system settings.
- The web interface of the charging station based on the Progressive Web App (PWA) technology has been developed, which allows to integrate natively into the operating system environment of a mobile device.
- Developed scenarios for the system to use an agent-based approach that allows the charging station to be used as an agent of a multi-agent system, such as for a smart building.

The practical value of the obtained results is in the developed software-hardware complex, aimed at the possibility of remote control of the charging capacity of high-voltage batteries of electric vehicles within the multi-agent network Smart Grid.

Testing the results. The results of the research included in the dissertation are presented at the 18th International Scientific and Practical Conference of postgraduate, masters and students on the topic "Modern problems of scientific support of energy" in 2019.

Publications. The abstracts were published in the book "Modern problems of scientific support of energy" of the XVIIth international scientific-practical conference of postgraduate students, masters, students.

Keywords. POWERFUL CONSUMERS OF ELECTRICITY, OPTIMIZATION OF POWER SUPPLY, ENERGY SAVING, MULTIGAGENT SYSTEMS, C ++, MICROCONTROLLERS.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, скорочень і термінів	10
Вступ	11
1. Задача балансування потужності енергомережі SmartGrid.....	13
2. Аналіз проблеми обміну інформацією в енергомережах	20
2.1. Синхронізація потреб споживачів з потужностями виробників	20
2.2. Існуючі рішення передачі даних від споживачів до виробників	22
3. Реалізація програмного забезпечення	29
3.1. Апаратна платформа для програмного забезпечення	29
3.2. Середовище розробки програмного застосунку	32
3.3. Програмні засоби реалізації міжагентної взаємодії.....	33
3.4. Методи взаємодії із блоком управління зарядної станції.....	35
3.5. Архітектура програмного забезпечення	37
4. Опис функціональних можливостей програмного агента	46
4.1. Діаграма прецедентів.....	46
4.2. Інтерфейс користувача	48
4.3. Опис API функціоналу	53
5. Розроблення стартап-проекту	58
5.1. Опис ідеї проекту	58
5.2. Технологічний аудит ідеї проекту	60
5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	62
5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту	76
5.5. Розробка маркетингової програми стартап-проекту.....	81
5.6. Висновки до розділу	83
Висновки	84
Список використаних джерел.....	85
Додаток А	88
Додаток Б	Ошибка! Закладка не определена.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

IP – Internet Protocol

SSL– Secure Sockets Layer

TCP – Transmission Control Protocol

HTTP – HyperText Transfer Protocol

БД – База Даних

ЦП – Центральний Процесор

ОЗП – Оперативний Запом’ятовувальний Пристрій

ПЗП – Постійний Запом’ятовувальний Пристрій

GSM – Global System for Mobile Communications

LTE – Long-Term Evolution

WiMAX – Worldwide Interoperability for Microwave Access

IoT – Internet of Things

NFC– Near Field Communication

SPI – Serial Peripheral Interface

UART Universal Asynchronous Receiver-Transmitter

Atmel сімейство восьмибітних контролерів

WebSocket протокол зв’язку поверх TCP з’єднання

NAT – Network Address Translation

LCD Liquid Crystal Display

DTO – Data Transfer Object

PWA – Progressive Web Applications

SWOT – Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats

ВСТУП

В останні роки значно зросла кількість користувачів та активність споживання електроенергії, що створює значне навантаження на енергомережі. Особливо помітно це в пікові години споживання, коли більшість потужних споживачів енергії активується і з'являється перенавантаження на енергомережу. В даному випадку необхідно до постійних виробників електроенергії підключати додаткові потужності виробництва електроенергії, щоб задовільнити підвищений попит в певний момент часу, якими є виробники що можуть швидко розпочати свою роботу і зупинитися не залежно від погодніх умов і часу доби. Такими виробниками є теплові електростанції, проте їх викиди в атмосферу є надзвичайно шкідливими. В такому випадку пропонується зберігання енергії в акумуляторах із максимально близьким до споживача розміщенням, в моменти мінімального споживання енергії підзаряджати акумулятори і віддавати енергію в години активного попиту [1].

Облаштування всієї енергомережі акумуляторами є досить дорогим фінансовим проектом, тому до останнього часу це залишалось лише в теорії. Проте з появою електромобілів і значним попитом на них, даний підхід отримав новий шанс на реалізацію. Так як по статистиці більшість автомобілів простоює до 90 відсотків всього часу, вони можуть стати повноцінними учасниками в енергомережі, акумулюючи енергію в моменти виробництва надлишкової енергії, наприклад, вночі і віддачі частини енергії в моменти пікового споживання. В даному підході акумулятори знаходяться максимально близько до споживача і є децентралізованою мережею що унеможливило централізоване відключення значної частини акумуляторів.

Для реалізації описаної вище стратегії поведінки необхідно проаналізувати існуючі системи передачі електроенергії для електромобілів, визначити сценарії взаємодії із зовнішніми агентами моніторингу стану енергомережі. Для комунікації агентів та створення міжагентної взаємодії потрібно визначити необхідну кількість та частоту передачі об'ємів інформації, та дослідити описані

протоколи взаємодії. Для досягнення позитивного результату проведено дослідження за допомогою математичної статистики щодо визначення необхідного набору функцій для агенту моніторингу та управління зарядним пристроєм електромобіля та вибору оптимальних протоколів передачі даних між віддаленими агентами [2].

В даній роботі було використано архітектуру програмного забезпечення для управління зарядним процесом високовольної батареї електромобіля шляхом регулювання швидкості підзарядки, а саме, регулювання потужності споживання енергії із зовнішньої мережі на основі інформації від віддалених агентів в рамках мультиагентної системи.

В результаті було створено програмне забезпечення для мікроконтролера на базі фреймворку Arduino, що здатен отримувати команди від зовнішніх акторів та керувати зарядним процесом електромобіля враховуючи дані власника електромобіля та стану завантаженості енергомережі.

1. ЗАДАЧА БАЛАНСУВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ЕНЕРГОМЕРЕЖІ SMARTGRID

Глобальна еволюція у виробництві та попиті на електроенергію що протягом останнього десятиліття лише постійно зростає призводить до зміни клімату на планеті, створенні нових потужних споживачів та скінченності природних копалин. Більшість виробників електроенергії великого об'єму налаштовані лише на постійну генерацію заданої потужності через свої технічні особливості та обмеження, наприклад атомні станції, які надають значний відсоток електроенергії на ринок проте вони не можуть динамічно змінювати потужність виробництва декілька раз на добу [3].

Постійне виробництво енергії протягом доби заданої потужності може бути як надлишковим так і недостатнім. Надлишкова енергія збільшує напругу та викликає помилки в системах перетворення енергії, що часто призводить до аварій на підстанціях, перегріву передавачів енергії, збільшення їх опору від нагріву та зменшення пропускної здатності, оскільки надлишкову потужність не можливо акумулювати в високовольтних лініях передачі енергії. Від цього страждають і кінцеві користувачі, так як подається збільшена напруга на прилади і вона може вийти за безпечний верхній діапазон. В години активного споживання зарезервованої потужності виявляється недостатньо і тому відбувається навантаження на власне виробників електроенергії що спричиняє швидше відпрацювання та вихід з ладу механізмів. В описаний момент відбувається просадка напруги в мережі за межі допустимих норм. Тому за день напруга в мережі може перевищувати максимальні і мінімальні граничні норми, що призводить до швидшого виходу з ладу техніки.

Для забезпечення необхідної якості напруги в електромережах в пікові години споживання необхідно підключати балансуючих виробників електроенергії, які можуть динамічно змінювати потужність генерації протягом доби. Одними з таких виробників є джерела альтернативної енергії,

вітроелектростанції та сонячні електро станції. Проте якщо момент активного попиту припадає на темну пору доби то сонячні станції не в змозі бути балансуючими виробниками енергії [4]. Вітро електростанції не можуть забезпечити необхідну якість подачі енергії так як прямопропорційно залежать від погодніх умов якими керувати не можливо. Основними станціями, що використовуються для балансування потужності виробництва електроенергії є шкідливі для планети вугільні електро станції. Вони нівелюють заходи щодо впровадження альтернативних виробників енергії, тому необхідно приймати заходи щодо максимального вирівнювання попиту на електроенергію протягом доби. Графік актуального споживання відображений на рисунку 1.1.

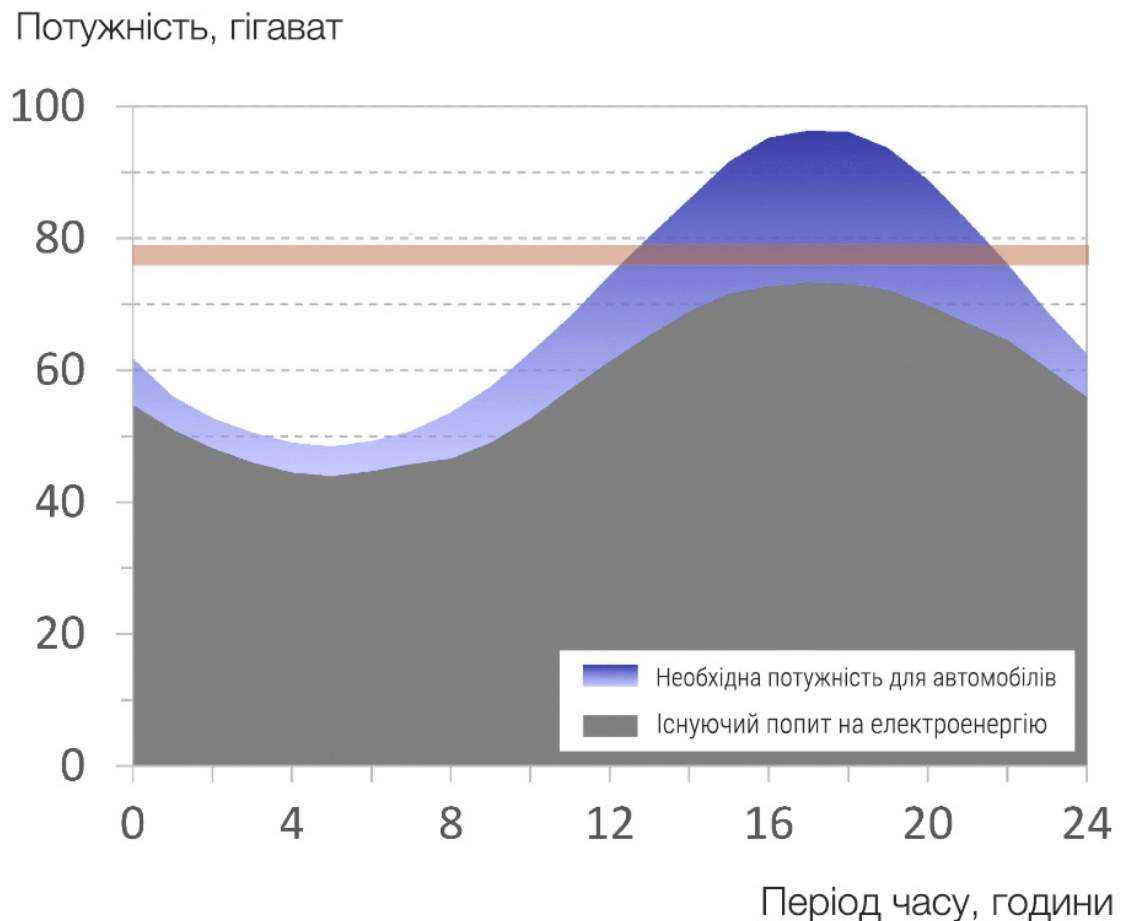


Рисунок 1.1. — Графік актуального попиту на електроенергію

Згідно статистики споживання енергії, постійне виробництво видає надлишкову енергію в нічний час та недостатню кількість енергії в світу пору

добу. В кінцевих споживачів відбувається значний перепад напруги, згідно із законом Ома, що може призвести до виходу з ладу побутової техніки, виникнення пожеж або вибухів. Сірим кольором виділено попит на сумарний попит електроенергію не включаючи сегмент електромобілів та гібридних автомобілів. Окремим кольором поверх сірого графіку вказано навантаження яке створюють електромобілі під час підзарядки. Як видно по графіку, в моменти повернення людей з роботи відбувається не тільки ріст споживання побутових приладів а й підключення високовольтних батарей автомобілів для підзарядки, що спричиняє значне перенавантаження в мережі [5].

Якщо ввімкнення більшості потужних споживачів електроенергії не можливо відтермінувати, серед яких є системи обігріву приміщень, побутова техніка для обігріву води, власних потреб користувачів то підзарядку електромобілів можна перенести до моменту спадання піку споживання потужності. Це не лише розвантажить мережу в активні години, а й збереже побутову техніку від виходу з ладу через недотримання діапазону необхідної напруги. Оскільки активація процесу підзарядки електромобіля буде припадати на час коли напруга в енергосистемі підіймається через недостатній попит, то процес підзарядки електромобілів буде балансувати відповідний процес. В більшості випадків, за статистикою, наступне використання електромобіля після повернення до прибудинкової території відбувається на наступний день, тому варіант підзарядки високовольтних батарей з відкладенням активації процесу передачі енергії до настання нічного часу є цілком можливим. Окрім описаних переваг також буде знижена потреба в підключенні великої кількості балансуючих виробників електроенергії та уповільнення збільшення глобального ліміту виробництва енергії. Актуальність розробки технологій інтелектуальних електромереж SmartGrid [6] які оптимізують доставку енергії до кінцевого споживача з кожним роком лише збільшується.

Одним із підходів для балансування споживання електроенергії є введення багато зонних лічильників електроенергії, які спонукають споживачів використовувати енергію в години коли немає пікового навантаження

електромережі. Для стабільного постачання електроенергії уряди провідних країн світу, зокрема і України, вводять пільгові тарифи на встановлення домашніх сонячних та вітрогенеруючих станцій, проте виникає проблема в виділенні коштів із бюджету для фінансування таких домогосподарств. Іншим варіантом створення децентралізованої електромережі мережі є встановлення акумуляторів великої ємності в місцях, найближчих до кінцевого споживача [7]. Прогнозований графік споживання електроенергії після впровадження відтермінування активації процесу підзарядки акумуляторів для електромобілів відображено на рисунку 2.1.

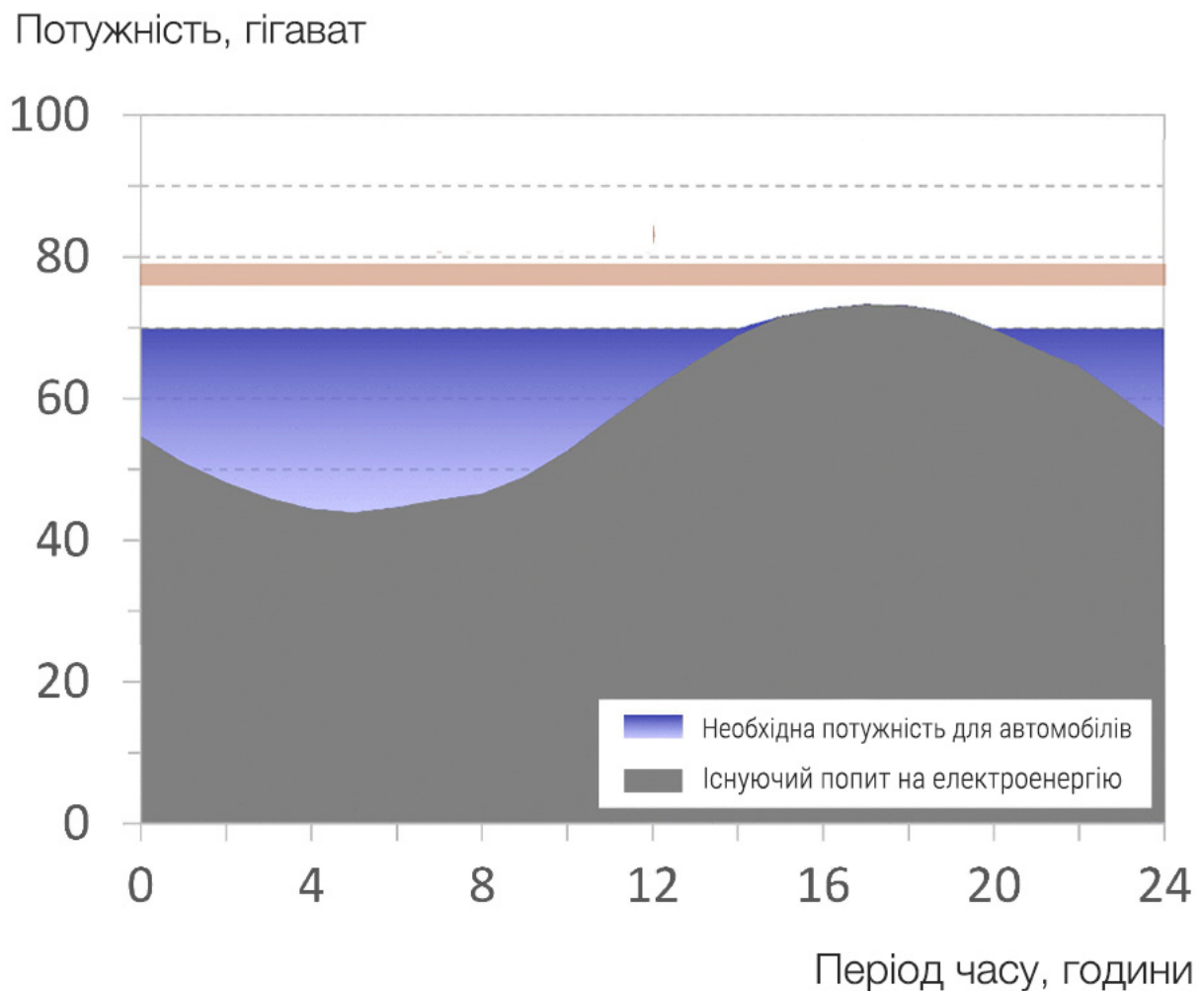


Рисунок 1.2. — Графік потенційного попиту на електроенергію

Згідно з очікуваним прогнозуванням, перенесення процесу підзарядки електромобілів на періоди найменшого попиту на споживання енергії є

раціонально вигідним і для кінцевих користувачів і для виробників електроенергії і для енергоринку. З вище розміщеного графіку видно, що навіть при сталому виробництві енергії проявляється запас потужності до лінії глобального ліміту виробництва. Межа виробництва енергії вказана як червона лінія і є прямою, так як більшість виробників енергії генерують сталу потужність протягом доби [8].

Для держави варіант використання потужних акумуляторів потребує значних затрат, проте із актуалізацією електромобілів створення такої мережі значно спрощується. Електромобіль може виступати не лише засобом пересування, а й коміркою із великим запасом енергії яка підключена до загальної електромережі під час підзарядки.

Вирішенням проблеми є створення розумної зарядної станції для гібридних автомобілів та електромобілів із вбудованим агентом для мультиагентної мережі [9]. Дана розробка з'єднується із зовнішньою електромережею загального користування та електромобілем або гібридним автомобілем. В пікові моменти електроспоживання енергія до кінцевого споживача іде з акумуляторної батареї підключеного автомобіля, а в години найнижчого споживання заряд іде до батареї, щоб наповнити акумулятори запасом енергії для подальшого використання в системі SmartGrid або пересування на електромобілі. Реалізація взаємодії виробників та споживачів електроенергії із агентом контролю, моніторингу та балансування потужності відображена на рисунку 1.3

Класичні розумні мережі Smart Grid в електроенергетиці володіють наступними характеристиками:

- здатність керувати роботою споживачів;
- самостійне відновлення після збоїв;
- захищеність від фізичного та програмного зовнішнього втручання;
- забезпечення електропостачання необхідної якості;
- синхронна робота генеруючих джерел і центрів зберігання електроенергії.

Агент зарядної станції повинен обмінюватися даними із електромобілем, такими як: сила струму, напруга, температура батареї, час відправлення автомобіля, дозвіл на використання акумульованої енергії в системи децентралізованого постачання. Також повинен вестися обмін даними із агентом електромережі, який надає інформацію про активність споживання енергії, завантаженість загальної мережі, вартість споживання та постачання енергії кінцевим користувачем в визначені проміжки часу.

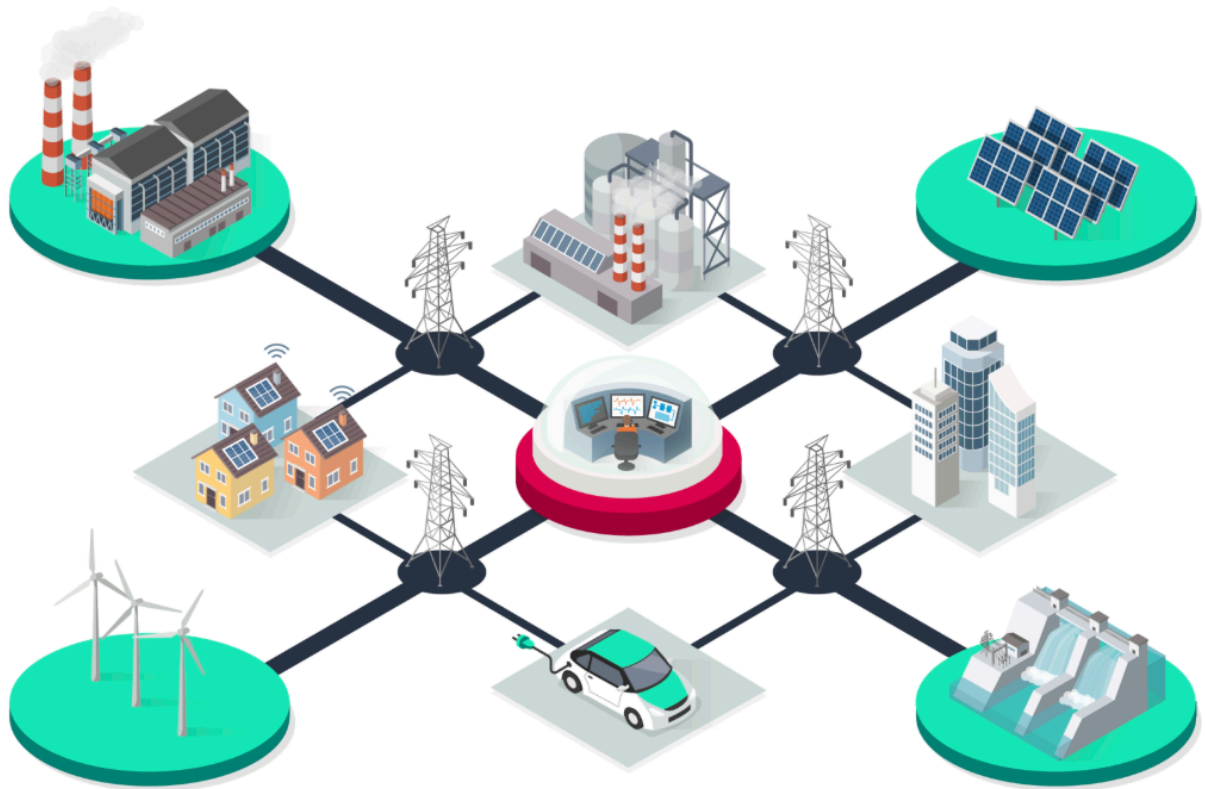


Рисунок 1.3. — Схема локальної мережі передачі потужності

Використання мультиагентних систем у вирішенні даної проблеми є найбільш доцільне, оскільки це децентралізована система зв'язку, яка може буде використана в найвіддаленіших місцевостях, де підключення до серверу неможливе при використанні стандартної клієнт-серверної архітектури. Перевагами агентного підходу є зменшення мережевого трафіку і загальної надмірності інформації за рахунок можливості безпосереднього переміщення

коду агента до оброблюваних даних замість переміщення самих даних, як у випадку використання клієнт-серверного підходу [10].

При використанні децентралізованих мультиагентних мереж відбувається балансування навантаження між декількома обчислювальними ресурсами і можливість паралельної обробки даних за рахунок зв'язку між агентами і переміщення коду. Відбувається ведення персоніфікованої обробки даних з орієнтацією на переваги користувача та реалізовується здатність істотно підвищувати ефективність роботи енергосистеми в цілому.

Збільшення попиту на електромобілі лише підтверджує оптимальність вибору даного варіанту для розвитку децентралізованих енергомереж.

2. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ОБМІНУ ІНФОРМАЦІЄЮ В ЕНЕРГОМЕРЕЖАХ

В даному розділі розглянуто способи передачі інформації від енергозбутових компаній до кінцевих споживачів, їх завдання, переваги та обмеження. Визначаються цілі для яких розроблені дані способи передачі та чи можуть вони бути використані для функціонування в мережі Smart Grid.

2.1. Синхронізація потреб споживачів з потужностями виробників

Чинну електроенергетичну систему можна охарактеризувати як пасивну і централізовану, особливо в частині останньої ланцюжка - від розподільних мереж до споживачів. Останнім часом, як подальший розвиток енергомережі, з'явилася технологія Smart Grid яка інтегрує в єдиний комплекс мережі енергопостачання та комп'ютерні телекомунікаційні мережі, засновані на системах передачі інформації. Головне завдання технології полягає в забезпеченні моніторингу та оптимізації витрат енергоресурсів, а також підвищення безпеки функціонування енергомереж [11].

Сучасні споживачі, що використовують комп'ютерні телекомунікаційні системи для передачі інформації в мережі Smart Grid, можуть автоматично вибрати режим роботи найбільш енерговитратного обладнання протягом тижня, з точністю до години, з урахуванням оптимального комерційного тарифу, інформація про який була доставлена з місцевої енергозбутової компанії. Відповідно, енергозбутова компанія, маючи поточні дані про плановане енергоспоживання окремих споживачів, може оптимально конфігурувати свої потужності, наприклад, використовуючи акумулятори електроенергії і активні розподільні пристрої, закупити необхідну електроенергію у мережевого постачальника за оптимальними тарифами [12]. Весь ланцюжок постійно обмінюється інформацією, яка активно використовується керуючими

елементами для забезпечення збалансованого графіка споживання, генерації і безпечної трансформації і передачі електроенергії, концептуальну схему відображено на рисунку [13].

До енергозатратних споживачів відносяться і акумулятори електромобілів показало що вони можуть бути повноцінними гравцями ринку. На початку етапу розвитку електромобілів ємності їх акумуляторів не дозволяли згладжувати пікові години споживання енергії, так як їх дальність ходу була малою і був ризик отриманні розряджений автомобіль в необхідний для поїздки момент. Проте з плином часу технології розвиваються і вже на даний момент дозволяють брати участь в балансуванні енергії, так як запас ходу електромобілів значно перевищує статистичну добову норму запасу ходу [14].

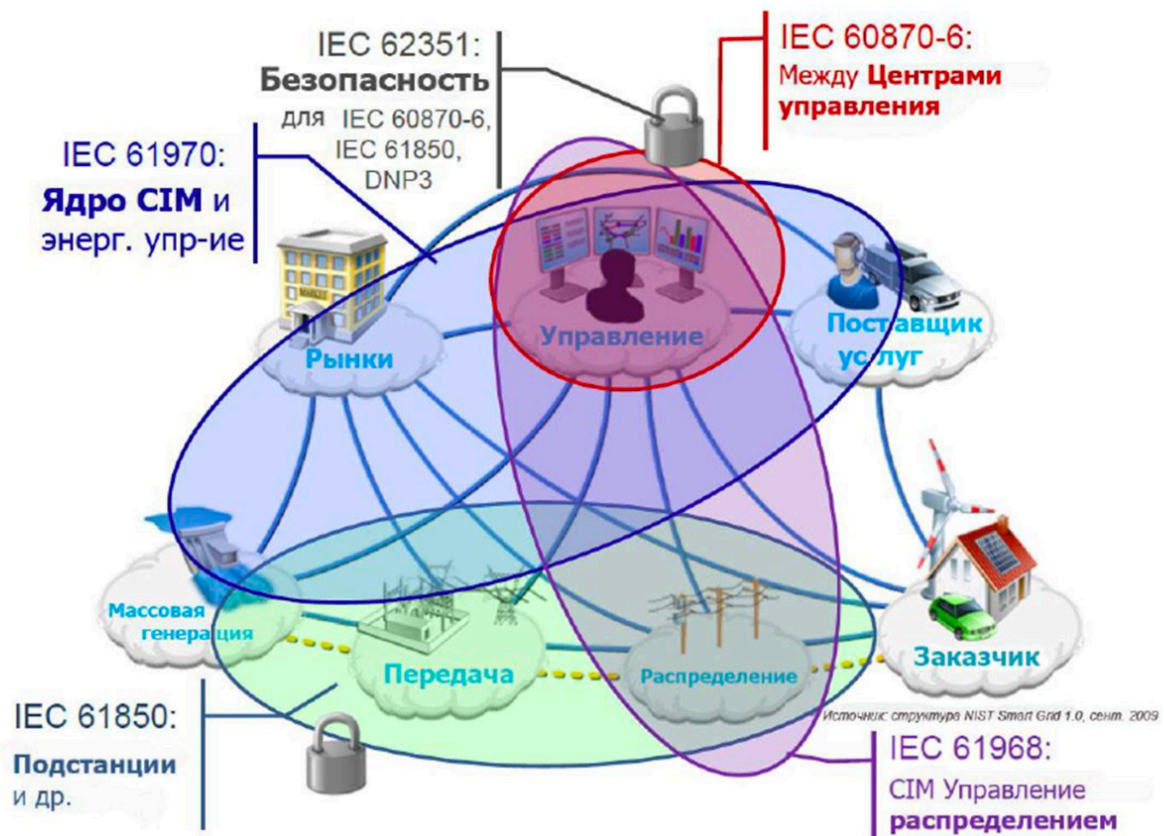


Рисунок 2.1. — Мережа SmartGrid

При розробці програмного продукту також враховується час відправки електромобіля щоб проаналізувати час який можна виділити на згладжування

пиків споживання енергії і максимально вигідно зарядити автомобіль для запланованої поїздки.

Виробник замість постійної генерації максимальної кількості електричної енергії видає оптимальну потужність відповідно до потреб споживачів в поточний момент часу.

Кожен лічильник повинен бути в змозі надійно і безпечно передавати зібрану інформацію в центр управління. З урахуванням різних місць розташування та навколишнього середовища, де знаходяться лічильники, ця проблема може бути складною [15]. Архітектуру мережі SmartGrid, яка узагальнює та описує особливості комунікації систем в рамках балансування енергомережі зображено на рисунку 2.1.

Можливими рішеннями є: використання мережі стільникового зв'язку, супутникового зв'язку, радіорелейного зв'язку, технологій WiMAX, WiFi, LTE, зв'язок по лініях електропередачі. Крім передачі даних в центр управління інтелектуальні лічильники повинні бути частиною домашньої мережі, зокрема систем «Розумний будинок», яка може включати в себе дисплей і концентратор, щоб отримувати дані з одного або декількох лічильників і відображати їх на дисплей [16].

2.2. Існуючі рішення передачі даних від споживачів до виробників

Одним з підходів для автоматичної передачі даних від лічильників споживачів до серверів компаній енергозбуту є використання GSM модемів вбудованих в пристрій. Дані модеми енергоефективні та мають компактні розміри що дозволяє підключити їх до більшості приладів зберігаючи початкові розміри корпусів.

Головним призначенням даного каналу передачі даних є передача даних по стільникові мережі оператора, схему передачі даних відображено на рисунку 2.2. Даний тип модемів розроблювався для передачі даних зібраних за певний проміжок часу [17].

Відповідні модеми мають власний стек протоколів TCP/IP який дозволяє пакетно пересилати дані, проте через обмеження апаратної сторони не повністю реалізовує зазначені протоколи, тому дані модеми не підходять для обміну даними в режимі реального часу, що необхідно при роботі в системі SmarGrid.

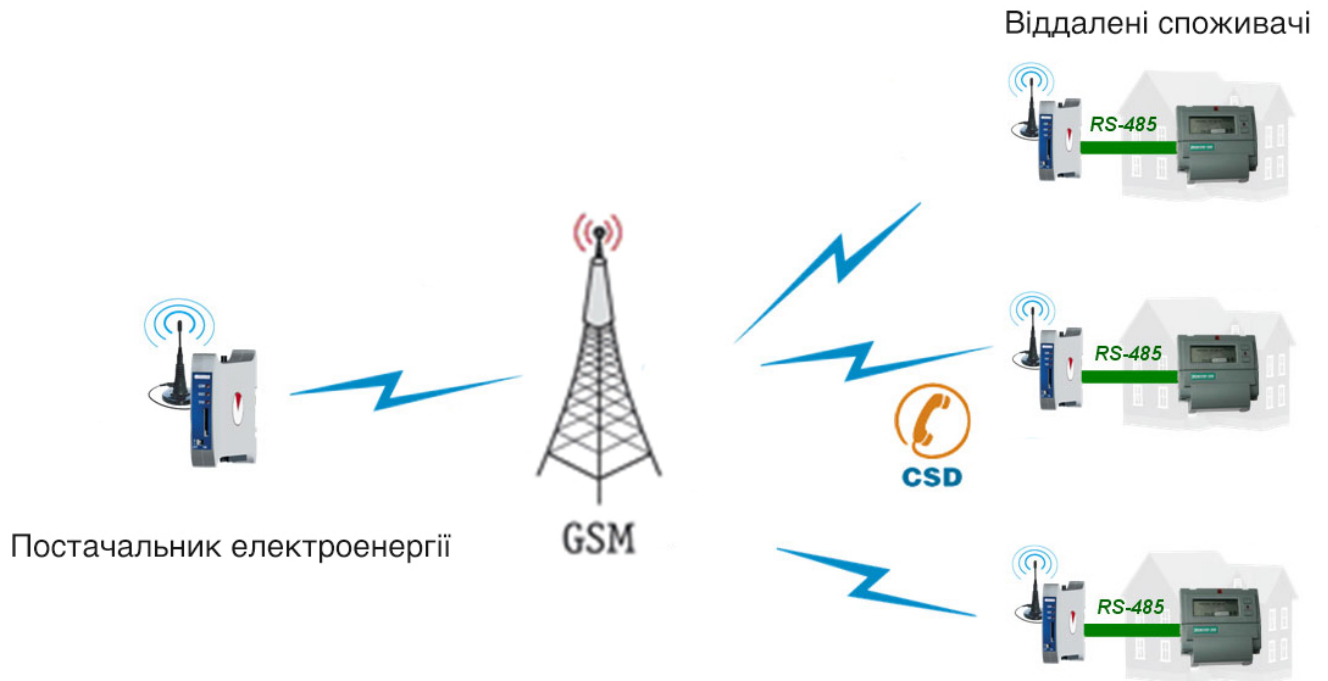


Рисунок 2.2. — Візуалізація передачі даних по протоколу GSM.

Іншим підходом є реалізація передачі даних по силовій високовольтній лінії передач. Дана реалізація отримала назву PowerLine. Перевагою рішень, які базуються на даній технології є їх швидкість роботи, проте згідно специфікації IEEE 1901 відстань між модулями передачі і прийому сигналу не повинна перевищувати 100м, що звужує коло використання даного типу передачі даних, оскільки більшість споживачів знаходяться на значно більших відстанях від компаній енергозбуту [18].

Окремим недоліком є наявність шумів в силовій високовольтній лінії, наприклад, при включенні люмінесцентних ламп. Шуми пошкоджують пакети що передаються по мережі і це може призвести до їх модифікації і розривання з'єднання в будь-який момент час.

Оскільки шуми виникають часто, використання реалізацій програмного забезпечення що базується на даному типу передачі даних є недоцільним, через його нестабільність на шляху від споживача до компанії енергозбуту. В зв'язку з вище описаними особливостями, побудова лінії передачі даних від кінцевого споживача до компанії енергозбуту потребує великої кількості ретрансляторів, що викликає питання економічної необґрунтованості побудови даної архітектури і оптимальності при масовому поширенні, тому дана технологія в більшості реалізується при передачі даних від сенсорів чи камер відео нагляду в межах одного будинку чи квартири, що відображено на рисунку 2.3.

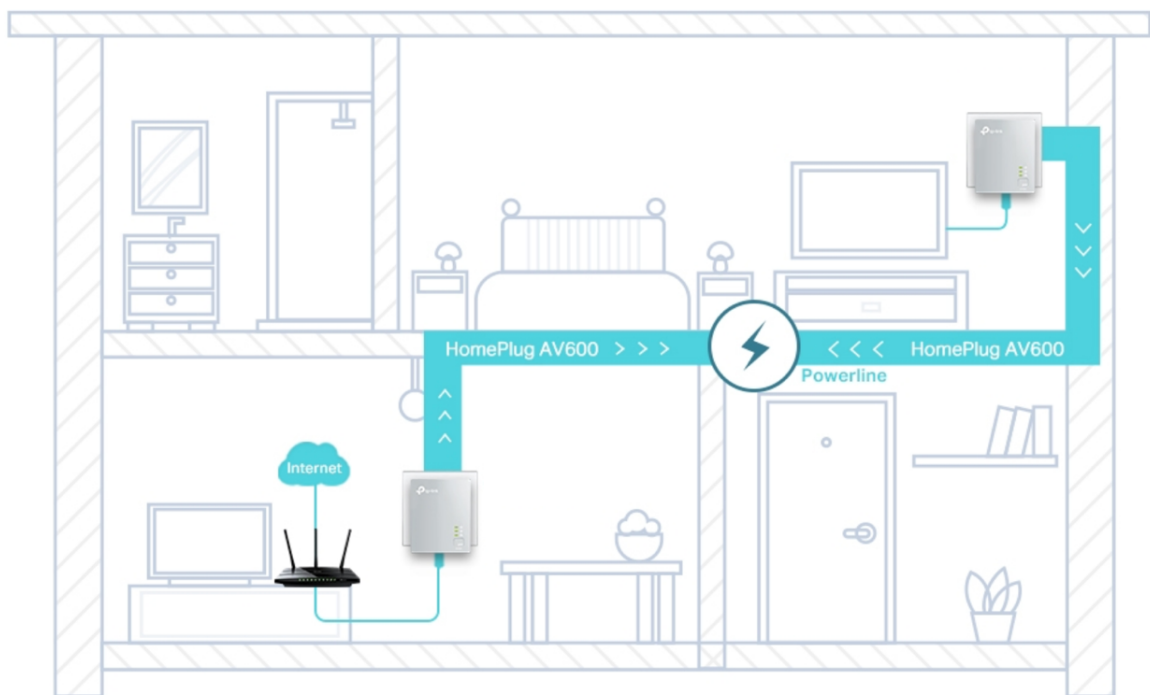


Рисунок 2.3. — Візуалізація передачі даних по протоколу PowerLine.

Інтернет речей (IoT) є важливою частиною цифрової трансформації світової економіки. Однак поширення IoT може сповільнитися у зв'язку з недостатньою пропускнуною спроможністю мереж. Одним із способів підвищення продуктивності IoT може бути протокол NB-IoT, який використовує потенціал сучасних стільникових мереж. В 2016 року консорціум 3GPP представив першу специфікацію стандарту стільникового зв'язку для пристроїв з невеликими

об'ємами даних. Стандарт отримав назву NB-IoT (NarrowBand IoT). Він може використовуватися на обладнанні LTE, а також окремо від існуючих мереж зв'язку.

NB-IoT спеціально створений для інтернету речей, тому враховує специфічні потреби, такі як поліпшена чутливість до модуляції сигналу для підключення сотень тисяч пристроїв. Також для роботи з NB-IoT не потрібна SIM-карта і досить невеликої потужності приймача, тобто пристрої IoT можуть працювати багато років від однієї батареї.

Підтримка технології NB-IoT в операторів стільникових мереж зв'язку з'явиться вже з'явилась. Всі необхідні умови і інструменти для розгортання цього стандарту вже є і доступні операторам зв'язку. Таким чином, вже зараз з'являється сенс впроваджувати пристрої інтернету речей з вже закладеної підтримкою протоколів NB-IoT, щоб через кілька років не знадобилася модернізація створеної інфраструктури [19].

Стандарт NB-IoT може розгортатися в трьох варіантах: автономний (standalone); на захисній смузі частот (guard-band); в середині полоси (in-band), що відображено на рисунку 2.4.

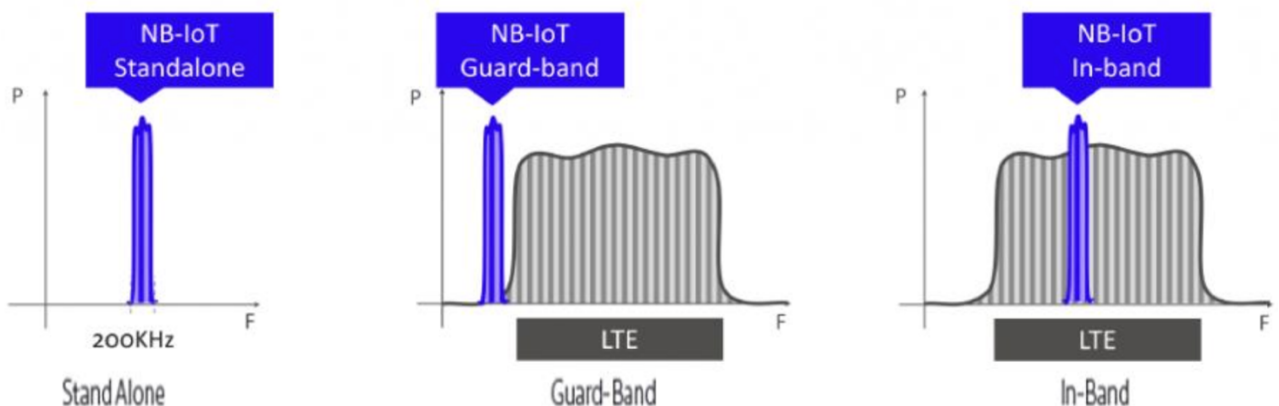


Рисунок 2.4. — Варіанти розгортання стандарту NB-IoT

Консорціум пропонує три варіанти розгортання NB-IoT мережі. Перший - це NB-IoT Guard Band, тобто для Narrowband IoT буде виділений окремий

частотний спектр. Другий - це In Band, тобто технологія буде розміщена в захисному інтервалу частот мереж LTE. Третій - отримав назву Stand Alone. Відповідно до його концепції, NB-IoT і LTE працюють в одному частотному діапазоні. Таким чином, мережа NB-IoT можна розгорнути в частотних діапазонах, в якому в даний час функціонує стандарт GSM, після їх рефармінг в LTE, або в «захисних» інтервалах між мережами GSM і LTE. Швидкість передачі даних в NB-IoT досягає 200 кбіт / с, що є достатнім для пристроїв, періодично передають однотипні дані невеликого обсягу.

Найбільш поширеним є розгортання в середині полоси. Даний варіант широко використовується в Європі, де мережі з NB-IoT in-band розгорнуті такими телекомунікаційними компаніями як Vodafone, Deutsche Telekom, Telecom Italia Mobile і іншими.

Спосіб розгортання в середині полоси дозволяє використовувати NB-IoT всередині існуючих мереж LTE, які мають найбільше покриття і забезпечують необхідну якість обслуговування інтернету речей. Це оптимальний шлях для підключення IoT, оскільки він дозволяє операторам зв'язку використовувати сучасне обладнання без істотних змін апаратного забезпечення. Таким чином in-band NB-IoT дає можливість задовольнити поточний попит на підключення розумних пристроїв.

Незважаючи на поширеність способу розгортання в середині полоси використання NB-IoT, у нього є недоліки. Так, вузько смуговий сигнал in-band NB-IoT займає частоту 180 кГц і в мережах LTE може створювати перешкоди для блоків фізичного ресурсу. У такому режимі NB-IoT забирає функціональні ресурси стільникових мереж.

Також специфікації стандарту NB-IoT припускають інші відмінності в структурі сигналу, наприклад, підтримувані типи модуляції сигналу, частотна похибка, амплітуда вектора помилок і параметри синхронізації і управління каналами.

Технології LPWA (Low Power Wide Area) призначені для M2M (Machine-to-Machine)-додатків, які не вимагають широкополосної передачі даних по

радіоканалу і роботи без нагляду протягом тривалого періоду часу, можливо, у віддалених або важкодоступних місцях. Особливості LPWA - низьке енергоспоживання (low-power) і широкі територіальне охоплення.

Дуже невелика потреба в енергії для передачі даних і, отже, великий термін служби батареї, має вирішальне значення для вбудованої техніки. Прогнозується, що мережі LPWA будуть застосовуватися в широкому спектрі додатків інтернету речей, таких, як відстеження виробничих активів, моніторинг безпеки, облік споживання води і газу, а також в інтелектуальних мережах, міських парковках, торгових автоматах і міському освітленні. Технологія може використовуватися і для підключення переносних пристроїв, наприклад, в трекерах для людей або тварин.

Пристрої, які функціонують в NB-IoT, повинні попередньо синхронізуватися. Без синхронізації отримання і відправлення повідомлень буде неможлива. Варто зауважити, що постійна синхронізація сприяє більш швидкій розрядці акумулятора пристрою.

Мережа LoRaWAN працює по-іншому. Якщо пристрою не потрібно передавати дані, воно «спить» і не вимагає синхронізації. За рахунок цього забезпечується економія заряду. У цій мережі можна задати передачу інформації незалежно від часу.

З урахуванням того, що NB-IoT функціонує виключно в ліцензованому спектрі частот, пристроїв доводиться проходити синхронізацію дуже часто. Через це батарея акумулятор досить швидко.

LoRaWAN не вимагає синхронізації. За рахунок цього забезпечується збереження заряду акумулятора. Таким чином, автономність пристроїв, що функціонують на стандарті LoRaWAN, в кілька разів вище, ніж у аналогів, які працюють в інших LPWAN.

У NB-IoT інформація передається зі швидкістю 200 Кб/с. У LoRaWAN цей показник коливається в діапазоні від 300 біт/с до 50 Кб/с. Ці показники дозволяють стверджувати, що протокол IoT актуальний для більш вимогливих

додатків. У LoRaWAN середній показник швидкості інформації становить 11 Кб/с.

Технологія NB-IoT на порядок краще функціонує в умовах великих міст, а в приміських районах продуктивність NB-IoT буде надлишковою. Покриття LoRaWAN стійкіше до умов місцевості. З огляду на мінімальні вкладення, необхідні для забезпечення роботи LoRaWAN, даний критерій вибору на користь цієї мережі.

3. РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

В даному розділі розглянуто апаратну платформу для реалізації програмного рішення а також програмні рішення міжагентної взаємодії, середовище розробки програмного продукту та архітектуру програмного забезпечення.

3.1. Апаратна платформа для програмного забезпечення

До створення агенту взаємодії між зарядним пристроєм високовольтного акумулятора електромобіля та агентом енергоринку було поставлено вимоги низького споживання електроенергії, наявності в бездротових технологій передачі даних, низьку вартість апаратної частини. Після проведеного аналізу наявних пропозицій мікрокомп'ютерів на ринку за основу було обрано плату esp8266, що зображена на рисунку 3.1.

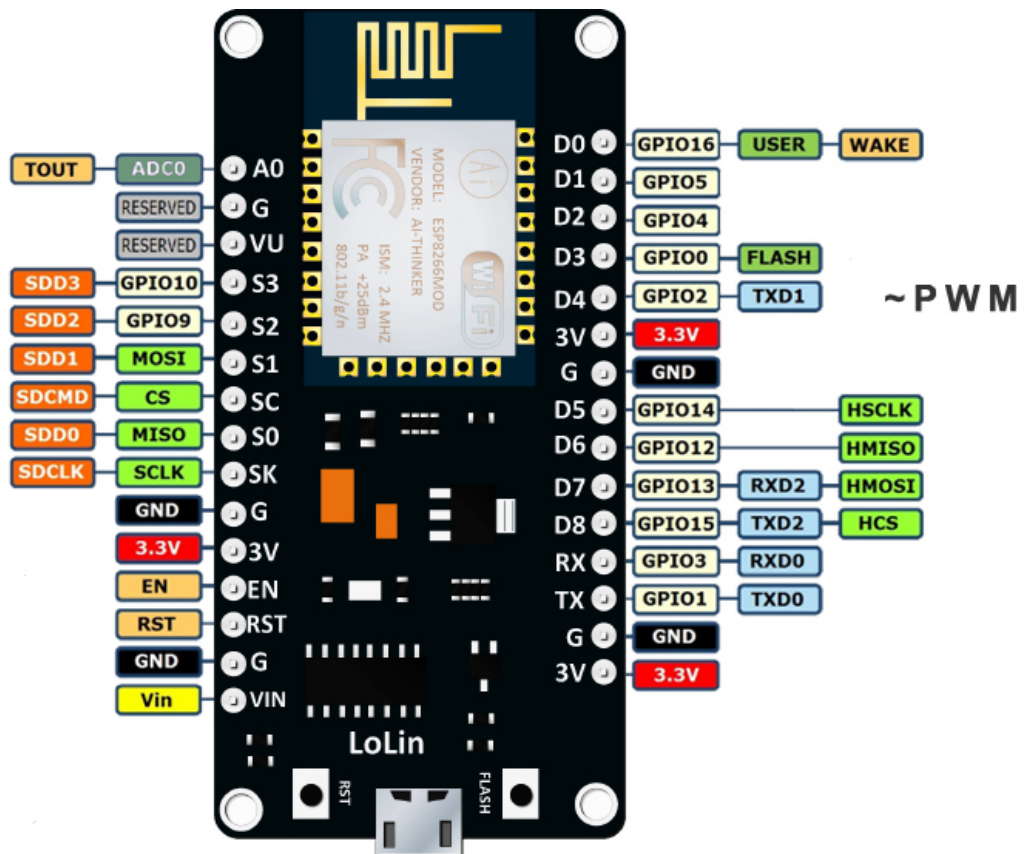


Рисунок 3.1. — Плата ESP8266

З поміж розглянутих мікрокомп'ютерів дана плата оснащена виходами для управління зчитувачем NFC міток через SPI протокол, необхідною кількістю виходів для передачі даних між зарядним пристроєм по протоколу UART. Обрана плата має низьке споживання енергії, яке не перевищує 80мА, що є найнижчим з поміж розглянутих плат, що необхідно для генерації мінімальної кількості тепла при умові розміщення плати в герметичному замкнутому просторі. Плата ESP8266 має вбудований модуль Wi-Fi з реалізацією стеку TCP/IP. Бездротові протоколи b/g/n що підтримуються даною платою дозволяють підключитися до будь-якої WLAN мережі на частоті 2.4ГГц. У порівнянні зі схожими апаратними платформами, плати Ардуіно мають відносно низьку вартість, а можливість зібрати плату вручну дозволяє максимально заощадити кошти і отримати Ардуіно за мінімальну ціну. Частота процесора на платі мікроконтролера значно нижча ніж у одноплатних комп'ютерів і рівна частоті встановленого кварцу, в більшості випадків це 16 MHz. Проте при визначенні функціональності, необхідно для роботи агенту, даної потужності виявляється достатньо, а на порядки нижче енергоспоживання ніж в одноплатних комп'ютерів має більше значення при масовому впровадженні ніж надлишкова функціональність пристрою.

Для швидкісного обміну даними з периферійними пристроями використовується протокол SPI. Послідовний периферійний інтерфейс (SPI) є синхронним протоколом послідовної передачі інформації, що використовується для зв'язку мікроконтролера з одним або декількома периферійними пристроями. Інтерфейс SPI вирізняється від інших протокол значно вищою швидкістю передачі даних і призначений для зв'язку між близько розташованими пристроями. Відповідний протокол також може використовуватися для комунікації між двома мікроконтролерами.

Згідно з протоколом SPI, один з підключений пристроїв (часто це мікроконтролер) повинен бути головним і контролювати приєднані периферійні модулі. Як правило, всі пристрої що комунікують між собою об'єднані трьома виділеними загальними лініями: канал для передачі даних від периферійного

пристрою до головного, канал передачі даних від головного до периферійного пристрою, лінія передачі тактових імпульсів від головного пристрою до периферійного модуля, для забезпечення синхронізації. Роз'єм ss призначений для активації певного пристрою із набору підключених модулів, активація відбувається головним пристроєм, яким є мікроконтролер. Якщо лінії передачі даних між модулями та лінію синхронізації можна використовувати одну загальну для всіх пристроїв, то канал активації потрібно окремо проводити між кожним відомим та керуючим модулем. В рамках даного проекту до контролера підключається зчитувач RFID міток. Відповідна діаграма підключення одного або декількох модулів по описаному протоколу відображена на рисунку 3.2.

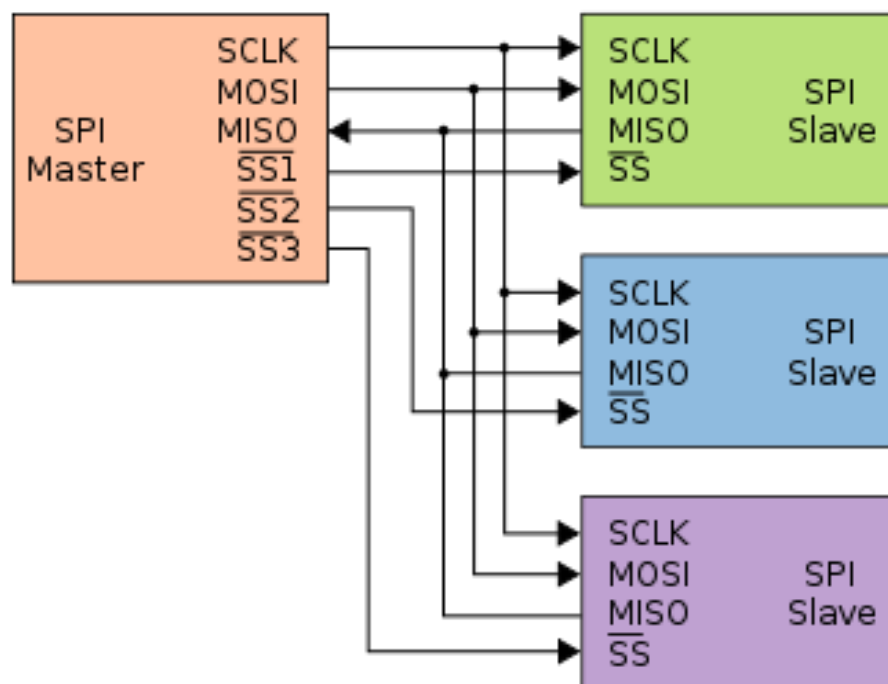


Рисунок 3.2. — Протокол взаємодії SPI

Перевагою даного протокол є швидкість обміну даними, проте в порівнянні з протоколом i2c необхідно підключати більшу кількість ліній між периферійним модулем та керуючим пристроєм, що часто буває обмежено наявністю необхідної кількості роз'ємів на мікроконтролері. Даний протокол

використовується там де відстань між модулями не велика та передаються значні обсяги даних.

3.2. Середовище розробки програмного застосунку

Arduino - це ефективний засіб створення програмно-апаратних електронних комплексів, що, на відміну від стаціонарних обчислювальних машин, орієнтуються на тісний взаємозв'язок з навколишнім середовищем. Ардуіно - є відкритою програмно апаратною платформою для роботи з різними фізичними мікроконтролерами і містить спеціалізоване середовище для написання і розробки коду для програмного забезпечення.

Ардуіно може використовуватися для розробки інтерактивних систем, керованих різними датчиками і перемикачами. Такі системи, в свою чергу, можуть управляти роботою різних індикаторів, двигунів та інших пристроїв. Проекти Ардуіно можуть бути як самостійними, так і взаємодіяти з програмним забезпеченням, що працює на персональному комп'ютері (наприклад, додатками Flash, Processing, MaxMSP).

Програмне забезпечення Ардуіно працює на операційних системах Macintosh OSX , Debian, RedHat Linux, Windows, в той час, як більшість аналогічних систем проєктуються тільки для функціонування в Windows сімействі.

Засіб для відладки і програмування Ардуіно IDE зрозумілий і простий для швидкого початку розробки, але при цьому досить гнучке для просунутих користувачів. Платформа базується на середовищі розробки Processing, що є зручно для здобуття навиків для учнів. Завдяки цьому, учні, що працювали в середовищі Processing, зможуть в короткий термін та швидко та повноцінно освоїти Ардуіно [20].

Програмне забезпечення Ардуіно має відкритий вихідний код, завдяки цьому досвідчені програмісти можуть змінювати і доповнювати його. Можливості мови Ардуіно можна також розширювати за допомогою C ++ бібліотек. Завдяки тому, що він заснований на мові AVR C, просунуті

користувачі, що бажають розібратися в технічних деталях, можуть легко перейти з мови Ардуіно на С або вставляти ділянки AVR-C коду безпосередньо в програми Ардуіно.

Пристрої Arduino базуються на мікроконтролерах від компанії Atmel а саме моделі Atmega версії 8 і 328. Завдяки тому, що всі системи кристалів Ардуіно публікуються під договором Creative Commons, досвідчені розробники й архітектори можуть створювати свої варіанти мікроконтролерів на базі основних. І навіть звичайні користувачі можуть збирати дослідницькі модулі для глибшого пізнання особливостей їх роботи та економії бюджету.

3.3. Програмні засоби реалізації міжагентної взаємодії

Для реалізації зв'язку між різними модулями вибрано протокол бездротової передачі даних Wi-Fi. Зазвичай архітектура мережі Wi-Fi має не менше одної точки доступу, так званий, режим інфраструктури і що не менше одного користувача. Також можливе пряме підключення обох клієнтів в режимі точка-точка, коли роутер не використовується, а клієнти ведуть комунікацію безпосередньо за допомогою мережевих інтерфейсів. Роутер передає свій ідентифікатор мережі, класифікований як SSID за допомогою особливих сигнальних бітів за швидкістю рівною 0.1 Мбіт/с кожні 100 мілісекунд. Тому 100 кбіт/с - найменша швидкість обміну даними для WLAN. Знаючи ідентифікатор мережі, користувач може дізнатись, чи можливо підключення до даної мережі пристроїв. При попаданні в радіус комунікації двох роутерів з однаковими назвами, користувач може вибирати одну з них на базі даних про силу сигналу. Стандарт Wi-Fi надає користувачу повну свободу при піборі критеріїв для підключення та дозволяє розгорнути бездротову мережу без укладання кабелів, що зменшує затрати на створення або розширення мережі. Місця, де заборонено прокласти кабель, для прикладу, поза будинками і в місцях, що мають історичну цінність, можливе обслуговуватися лише бездротовою мережею. Система дозволяє мати доступ до мережі мобільних пристроїв.

Wi-Fi-пристрої широко поширені на ринку. Гарантується сумісність обладнання завдяки обов'язковій сертифікації обладнання з логотипом Wi-Fi.

Для програмної реалізації обміну інформацією між агентами обрано протокол WebSocket — це протокол, що призначений для обміну інформацією між модулями в режимі real-time. Схема передачі даних по http і websocket протоколах відображена на рисунку 3.3. Протокол описує повнодуплексний канал зв'язку через один TCP-сокет із двонаправленою комунікацією. WebSocket створено для розробки у браузерях та на веб-сервісах, але може також застосовуватись будь-яким клієнт-серверним програмним забезпеченням для двостороннього зв'язку передачі даних без використання публічного IP адресу.

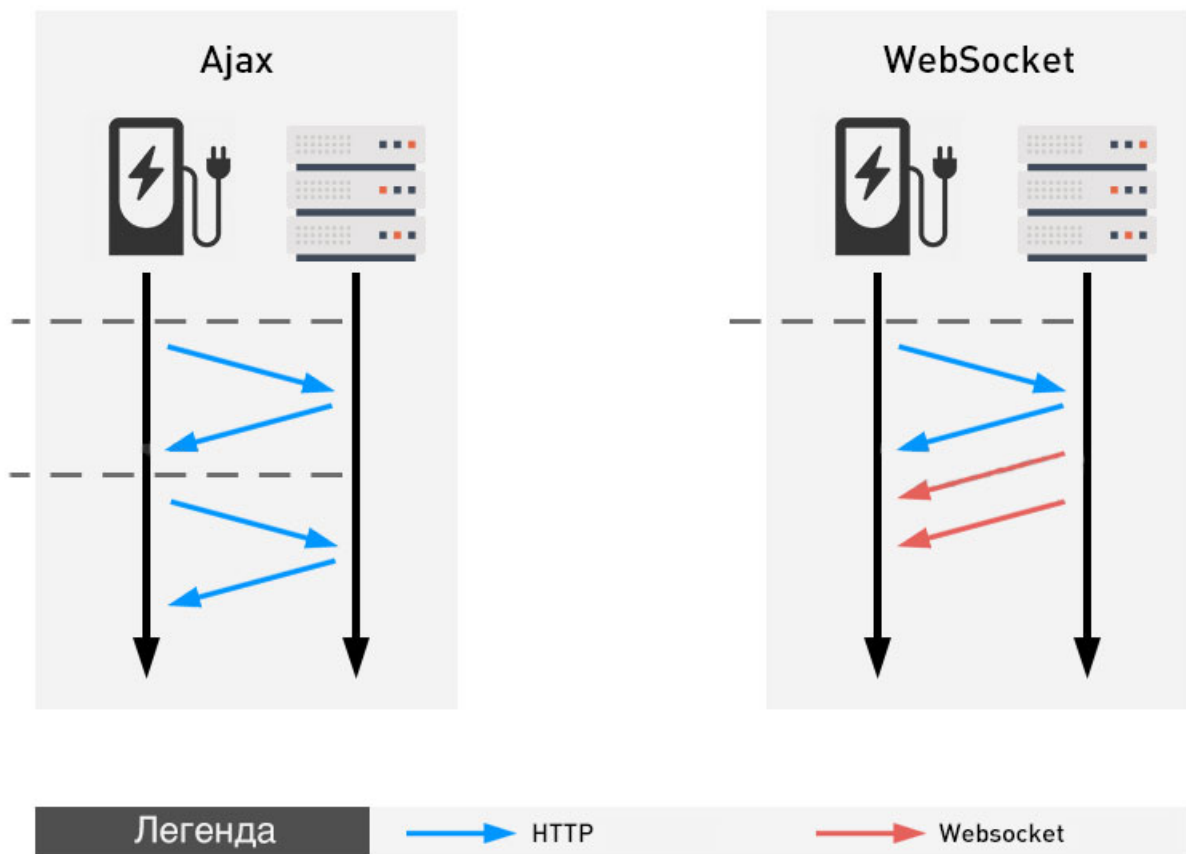


Рисунок 3.3. — Передача даних по протоколу http і websocket

WebSocket є прикладним програмним інтерфейсом що був стандартизований компанією W3C, окрім того WebSocket є стандартом в IETF. У веб-додатках раціонально використовувати даний протокол при необхідності

передачі інформації в real-time режимі. Даний протокол базується на протоколі передачі даних HTTP і ініціалізується передачею сервісних пакетів із заголовками http-upgrade і connection-keep-alive, що вказують серверу про збереження каналу передачі даних [21].

Даний протокол забезпечує двонаправлений обмін інформацією із віддаленими клієнтами що знаходяться за NAT серверами і не мають публічної IP адреси, так як з'єднання ініціює клієнт до серверу і не розриває його, створюючи канал передачі даних, що актуально для віддалених агентів які можуть знаходитись в будь яких умовах підключення до мережі Інтернет і необхідно в рамках реалізації визначеного програмного продукту. Як видно із рисунку 3.2, клієнт завжди може передати актуальні дані серверу в обох випадках, проте сервер може надіслати запит до клієнта в режимі реального часу лише в другому випадку, а в першому йому потрібно чекати з'єднання від клієнта, проте можуть бути випадки коли у клієнта відсутня необхідність передачі даних протягом довгого проміжку часу, проте серверу потрібно дізнатися певну інформацію від клієнта.

3.4. Методи взаємодії із блоком управління зарядної станції

Всі плати Arduino, побудовані на основі оригінальних, мають мінімум один інтерфейс UART, просунуті же плати, типу Arduino Mega 2560 Або Arduino Due, мають одразу 4 апаратних інтерфейси. Вони не завантажують контролер, так як вони відокремлені від ядра; все, що необхідно - це конфігурувати порт і передавати дані в буфер, після чого операції передачі підуть незалежно від вас.

Звичайно, існують і програмні реалізації UART, але вони навантажують процесор. У будь-якому випадку, краще використовувати спочатку апаратні інтерфейси, а потім вже починати придумувати щось програмне.

Контролери Arduino використовують логічні рівні такі ж, якими є і живлення пристрою, тобто для найпопулярнішою плати Arduino UNO логічні рівні дорівнюватимуть: нуль = 0В, одиниця = 5В

Виходи підключені до перетворювача інтерфейсів через резистори з опором 1 КОм, а до гребінка з боків плати - безпосередньо, тому сигнали з гребінок матимуть більший пріоритет. Періодично це заважає прошивати плати з підключеним датчиком по UART, так як для прошивки теж використовується UART. Схема взаємодії двох модулів по описаному протоколу зображена на рисунку 3.3.

Мікросхема перетворювача інтерфейсів не робить з себе ще один COM-інтерфейс для комп'ютера, вона лише емулює його.

Бібліотека SoftwareSerial дозволяє реалізувати послідовний інтерфейс на будь-яких цифрових висновках Ардуіно за допомогою програмних засобів, які дублюють функціональність UART (звідси і назва "SoftwareSerial"). Бібліотека дозволяє програмно створювати кілька послідовних портів, які працюють на швидкості до 115200 бод. Для пристроїв, що працюють з інвертованим сигналом, в бібліотеці передбачено відповідний параметр, що включає інвертування. Починаючи з версії 1.0, SoftwareSerial ґрунтується на бібліотеці NewSoftSerial.

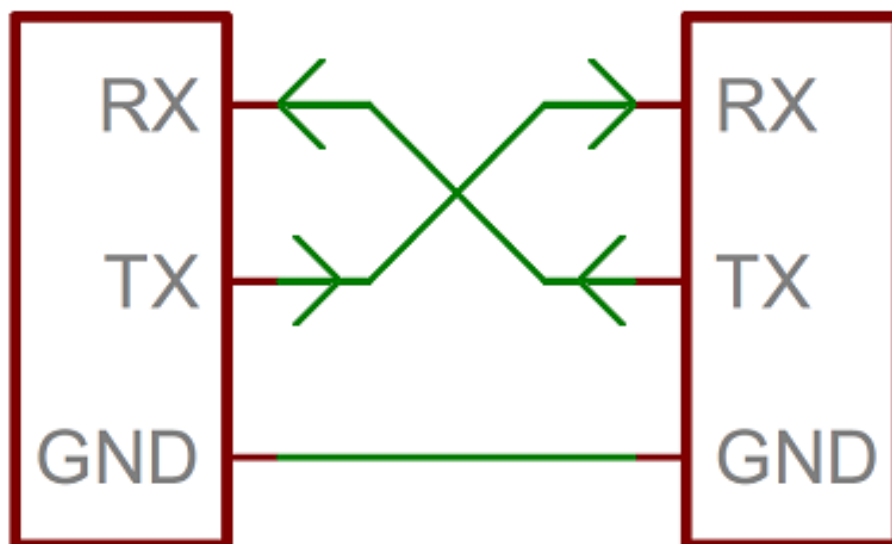


Рисунок 3.4. — Взаємодія по протоколу UART

Приклад взаємодії між двома контролерами по протоколу UART відображений на рисунку 3.4 Серед відомих обмежень бібліотеки SoftwareSerial можна перерахувати наступні:

При використанні декількох послідовних портів, в кожен момент часу тільки один з них може отримувати дані.

На платах Arduino Mega і Mega2560 деякі висновки не підтримують переривання, що виникають при зміні рівня сигналу. В силу цього, на даних платах в якості висновку RX можуть використовуватися тільки такі висновки: 10, 11, 50, 53, A8, A12, A13 (67), A14 (68), A15 (69), A9, A10, A11, 12, 13, 14, 15.

На Arduino Leonardo деякі інтерфейси не підтримують переривання, що виникають при зміні рівня сигналу. Тому, на цій платі в якості висновку RX можуть використовуватися тільки такі висновки: 8, 9, 10, 11, 14 (MISO), 15 (SCK), 16 (MOSI).

3.5. Архітектура програмного забезпечення

При розробці архітектури програмного продукту використано об'єктно-орієнтований підхід із архітектурним шаблоном модель–представлення–контролер. Діаграму класів агента моніторингу зарядною станцією електромобіля, що спроектована відповідно до стандартів уніфікованої мови моделювання [22] зображено на рисунку 3.4.

Основним класом, з якого починається робота програмного продукту є клас із назвою Src. Даний клас реалізує частину архітектури MVC під назвою контролер, він забезпечує передачу даних між користувачем і системою. Даний клас отримує дані від власника електромобіля або агента управління зарядною станцією електромобіля і передає в класи моделі дані для подальшої їх обробки і навпаки. В ньому створюються екземпляри описаних класів що визначають наступний функціонал:

- робота з блоком управління зарядної станції;
- робота з модулем контролю доступу;
- підключення до бездротової мережі;
- підключення до агентів управління;
- інтерфейс користувача;
- взаємодія з енергонезалежним сховищем.

Даний клас розміщений по центру діаграми та має зв'язки композиції до більшості класів, оскільки, їх початкова ініціалізація відбувається в методі `setup()` класу `Src`.

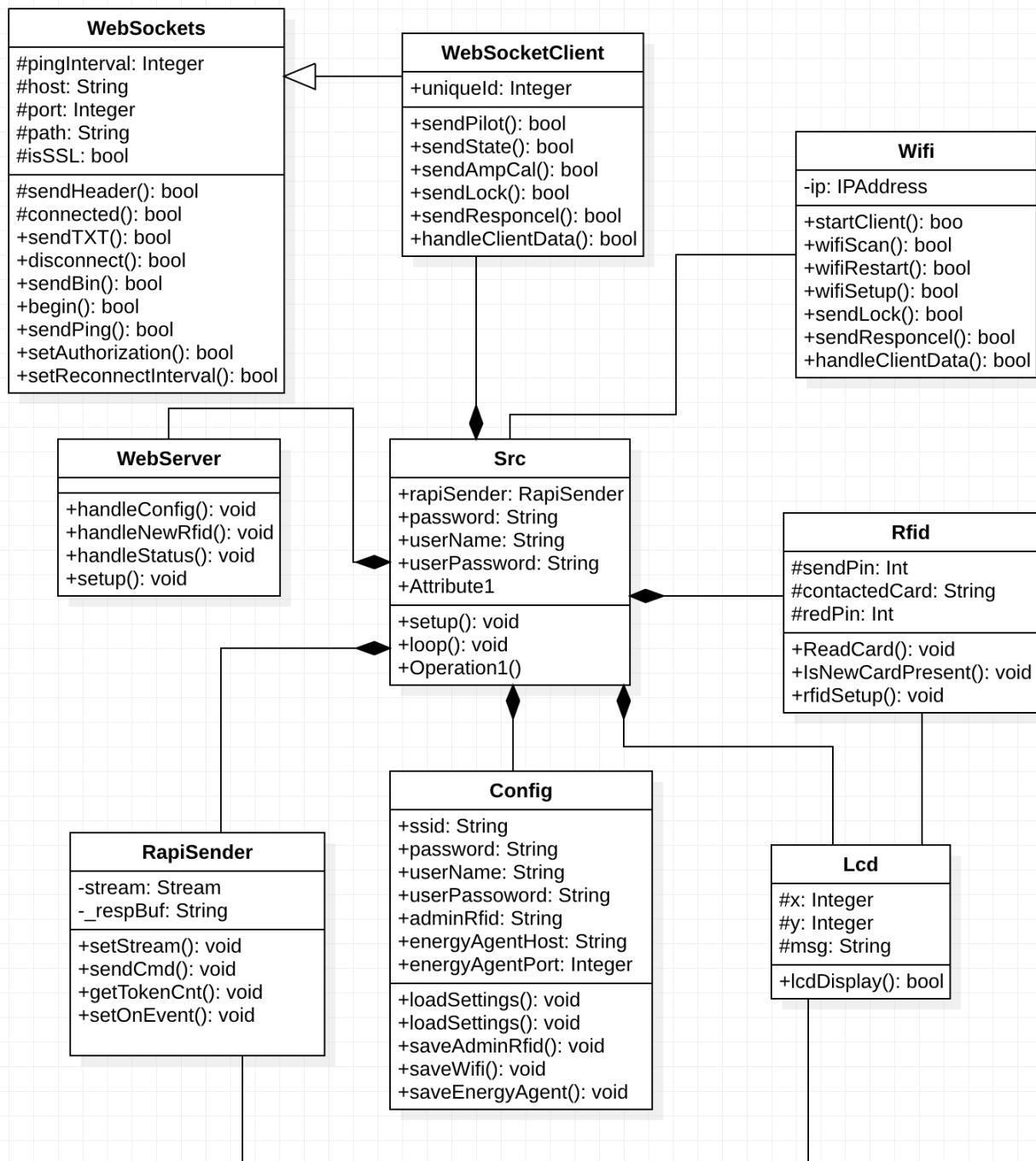


Рисунок 3.4. — Діаграма класів програмного забезпечення

Клас “Wifi” описує взаємодію з апаратним модулем WiFi що розміщений на платі мікрокомп’ютера ESP8266. Даний клас описує абстракцію над

вбудованими функціями фреймворку Arduino. Метод `wifiSetup()` відповідає за отримання даних з енергонезалежного сховища про збережену точку доступу, а саме, назву з поля `ssid` і пароля з поля `password`. Якщо дані поля не заповнені тоді відбувається перехід WIFI модуля в режим роутера і створення власної точки доступу, для підключення до інтерфейсу системи, щоб змінити налаштування і передати параметри підключення до зовнішньої мережі.

При наявності даних про необхідну до підключення мережу відбувається сканування доступних мереж за допомогою методу `wifiScan()`, який повертає булеве значення, що відповідає на наявність доступних мереж. Після чого, відбувається аналіз доступних мереж на відповідність до заданої і спроба підключення із заданим паролем.

При успішному підключенні відбувається запит IP адреси, яка зберігається і полі класу `IPAddress`, і передачу її до класу `LCD` для відображення на дисплеї пристрою. Якщо підключення до бездротової мережі буде неуспішне, екземпляр класу виконає п'ять спроб підключення з інтервалом в 10 секунд, після чого переведе модуль в режим роутера на дві хвилини щоб оператор зміг підключитися до агента та оновити пароль. Клас запрограмований таким чином щоб по циклу повторювати описану схему дій.

Підключення може бути неуспішним у зв'язку з відсутністю вказано назви бездротової мережі серед списку просканованих наявних мереж, застарілим паролем, відсутністю DHCP сервера в роутері який видає IP адреси клієнтам.

Клас “Rfid” відповідає за роботу з периферійним модулем зчитування даних з пасивної карти власника електромобіля. За допомогою даної карти відбувається ідентифікація водія та початок процесу підзарядки. За необхідності, карта власника агенту моніторингу та управління може відновити налаштування зарядної станції до початкових, що встановленні при компіляції програмного забезпечення. Це може знадобитись, якщо втрачено дані для входу в інтерфейс користувача проте необхідно здійснити моніторинг стану пристрою або підключити зовнішнього агента управління чи в ручному режимі змінити параметри підзарядки електромобіля. Даний клас має метод `IsNewCardPresent`

який відповідає булевим значенням, що означає чи прикладена нова карточка до периферійного зчитувача. Метод `ReadCardSerial` описаного класу відповідає за зчитування унікального серійного номеру прикладеної карточки до розміщений в початковому секторі на платі картки. Оскільки передача даних відбувається між двома модулями, необхідно забезпечити цілісність даних, яка може бути втрачена через електромагніту несумісність, поганий контакт роз'ємі або пошкодження проводів. В протоколі SPI цілісність забезпечується перевіркою хеш суми отриманої від периферійного пристрою та обрахованої на мікроконтролері. Якщо вони збігаються тоді дані отримано в повному обсязі без пошкоджень, в класі “Rifd” за дану процедуру відповідає метод `CalculateCRC`. Якщо дані отримано з пошкодженням, необхідно зробити пере ініціалізацію периферійного пристрою, за даний процес відповідає метод `Reset`.

Клас “Config” описує дані конфігурації агенту що зберігаються до енергонезалежного сховища при їх зміні та зчитує їх при запуску програми. Методи класу описані таким чином щоб проводити зміну даних одночасно в оперативній пам'яті пристрою та енергонезалежній пам'яті пристрою при їх оновленні.

Даний клас реалізує шаблон проектування DTO (Data Transfer Object), оскільки даний клас не використовує описані дані для зміни своєї поведінки але їх використовують для передачі даних між підсистемами програми [23]. Опис властивостей класу наведено в таблиці 3.1

Поля `ssid` і `password` відносяться до налаштувань класу “Wifi” що відповідають за зберігання в енергонезалежній пам'яті пристрою даних про вибрану бездротову мережу. Обидва поля мають строковий тип значення оскільки можуть містити буквені та цифрові символи. Поле `userName` та `userPassword` відповідає за зберігання даних про логін та пароль адміністратора для входу в інтерфейс агенту для зарядної станції електромобіля для зміни налаштувань. При спробі входу в агент дані передані від користувача звіряють із даними полями. Поле `adminRfid` містить унікальний ідентифікатор карточки доступу адміністратора для управління агентом зарядної станції. Поля

energyAgentHost та energyAgentPort відповідають за зберігання даних про адресу розміщення зовнішнього агента управління. Поле energyAgentHost містить строку з IP адресою серверу розміщення зовнішнього агента, а поле energyAgentPort має цілочисельний тип значення оскільки може містити лише номер порту до якого потрібно звернутися за вказаною IP адресою з поля energyAgentHost. При наявності даних полів відбувається підключення до серверу якому передається управління агентом зарядної станції, дані поля може задати оператор розробленого програмного забезпечення через інтерфейс управління розробленим агентом.

Таблиця 3.1. Опис властивостей класу Config

Назва	Тип
ssid	String
password	String
userName	String
userPassword	String
adminRfid	String
energyAgentHost	String
energyAgentPort	Integer

Клас WebServer відповіде за створення інтерфейсу користувача, а саме, надання web сторінки при запиті користувача. Даний клас оброблює запит від користувача на зміну та збереження нових параметрів в пам'яті агента та управління зарядним пристроєм. Запит активації методів відбувається за переходом по відносному посиланню. В класі додавання нових обробників подій відбувається реєстрацією методів через функцію server.on(). В дану функцію передається першим значенням, текстовий рядок відносного посилання за яким буде виклик зареєстрованого обробнику подій. Другим параметром передається делегат на обробник подій. В класі всі обробники подій починаються із префіксу

handle. Реєстрація обробників подій відбувається при ініціалізації класу, а саме, в методі `webServerSetup`. В даному методі додаються обробники на динамічні функції, статичні файли `javascript`, `html`, таблиці стилів та зображення а потім запускається веб сервер методом `begin`. В класі реалізовано наступні обробники подій на запити користувача:

- `handleConfiguration` відповідає за видачу у форматі JSON параметрів агенту управління та моніторингу;
- `handleStatusInformation` відповідає за надання актуальних даних отриманих від периферійних модулів, сенсорів, мікроконтролерів, блоку зарядної станції, в даному серіалізованому об'єкті передаються дані по потужності споживання, силі струму, напрузі силової мережі, температурі пристрою, силі сигналу бездротової мережі, тощо;
- `handleScanNetworks` відповідає за сканування бездротових мереж вбудованим в плату `esp8266` модулем. При початку сканування метод повертає пустий масив, а потім при наступному запити повертає масив знайдених бездротових мереж із їх рівнем сигналу;
- `handleRestartAgent` відподвіє за перезавантаження агенту моніторингу та управління зарядним пристроєм на вимогу користувача;
- `handleNewRfid` відповіде за активацію процесу збереження нової карти адміністратора із відображення відповідного напису на дисплеї. При наступному піднесенні карти до зчитувача, відповідна карта буде збережена як карта власника зарядної станції. Якщо протягом 30 секунд не буде додана нова карта, процес завершається.
- `handleSaveAdmin` відповідає за оновлення даних для входу в інтерфейс користувача управління розробленого агенту. Функція обробник записує отримує дані як логін і пароль та записує їх в енергонезалежну пам'ять пристрою.
- `handleSaveApPass` оновлює пароль до бездротової мережі до якої підключений програмний агент.

В класі WebServer описано функції обробники для збереження url посилення до зовнішнього агенту, яку надається управління пристроєм відносно аналізу завантаженості електромережі. Функція обробник записує в енергонезалежну пам'ять та ініціалізує підключення до агенту. Діаграма послідовності [24] процесу підключення до зовнішньої системи відображена на рисунку 3.5.

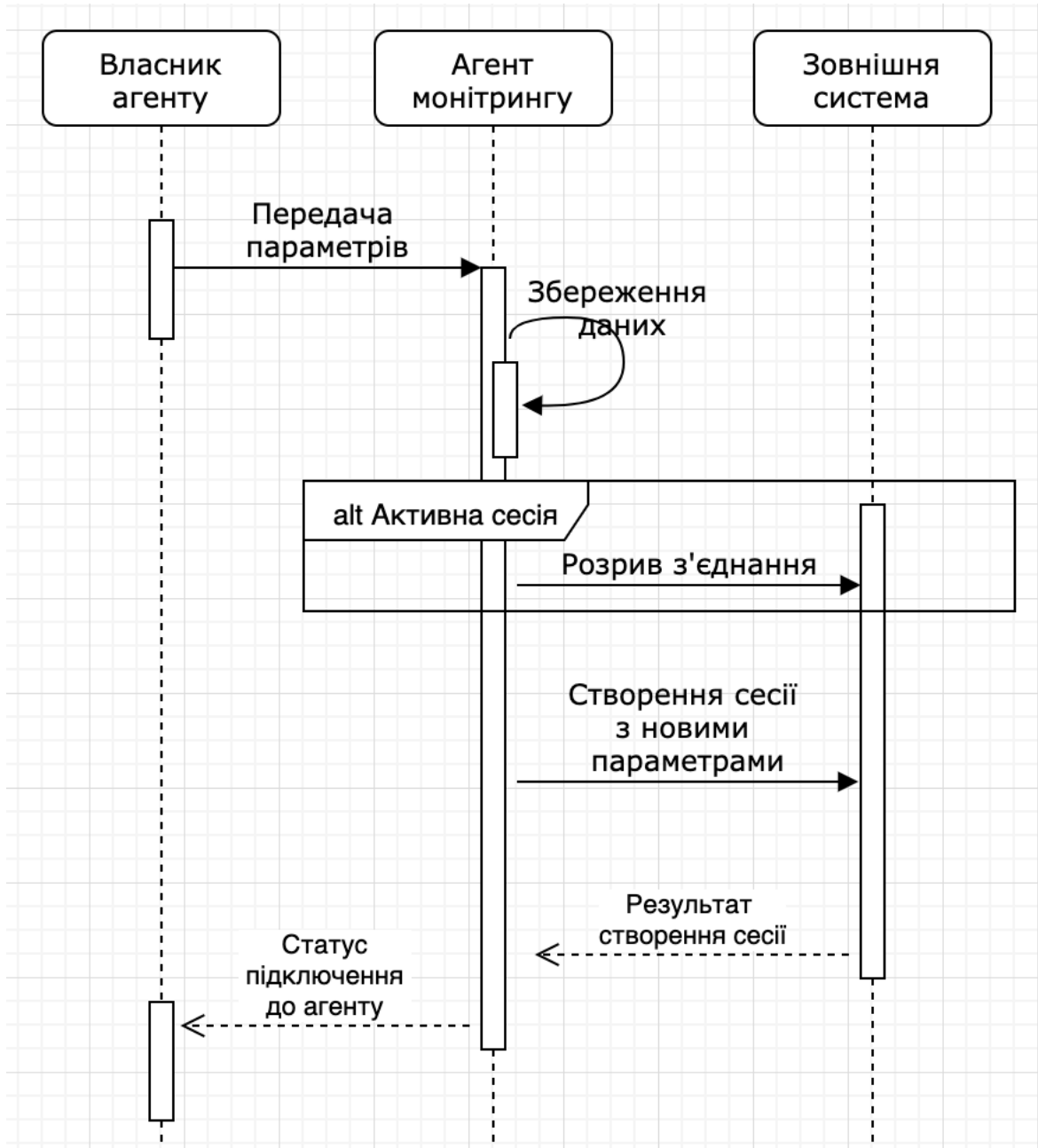


Рисунок 3.5. — Діаграма класів програмного забезпечення

Клас `WebSocketClient` реалізує набір функцій для взаємодії з зовнішнім агентом управління через протокол `WebSocket`. Даний клас унаслідкується від батьківського класу `WebSocket`, який реалізовує загальний функціонал підключення по TCP протокол та підтримки з'єднання, реалізації необхідних функцій відповідно про однойменного протоколу. Метод `websocketEventTrigger` викликається при отриманні повідомлення від віддаленого агента. В методі визначається тип повідомлення, запит це чи відповідь та виконується відповідний сценарій. Якщо надіслано запит тоді відбувається аналіз отриманого повідомлення для визначення необхідної функції та параметрів для запуску. Реалізований набір API функцій описано в наступному розділі.

При ініціалізації підключення відбувається надсилання HTTP повідомлення із запитом про можливість переходу на `WebSocket` протокол, після отримання дозволу на перехід до нового протоколу відбувається надсилання сервісних повідомлень. Метод `enableHBPing` відповідає за встановлення періоду надсилання сервісних запитів, часу очікування відповіді та кількості необхідних обірваних сесій передачі сервісних повідомлень для розриву з'єднання. Надсилання сервісних повідомлень необхідно для перевірки підтримання з'єднання, оскільки можуть виникнути моменти коли жоден з агентів не потребує комунікації і вважає що з'єднання активно, хоча на протоколі нижчих рівнів моделі OSI з'єднання може бути розірвано, тоді саме такі повідомлення реалізуються перевірку активності з'єднання.

Метод `sendHBPing` надсилає сервісне повідомлення та активує таймер очікування відповіді. При досягненні необхідної кількості обривів передачі даних сесія із віддаленим агентом розривається та ініціалізується знову. Оскільки надсилання сервісних повідомлень також реалізовано з боку віддаленого агента, тому потрібно відповідати на віддалені повідомлення також, за підтримку даної взаємодії відповідає метод `responceHBPing`. Метод `setAuthorization` відповідає за передачу логіна і паролю в початковому запиті для ідентифікації агенту моніторингу та управління в мережі `SmartGrid`. Метод `sendTXT` надсилає текстові повідомлення до віддаленого агента по

встановленому каналу передачі даних. В класі також міститься публічне поле `isConnected`, яке встановлюється в значення `false` коли з'єднання з віддаленим сервером неактивне і в значення істини коли агент підключений до зовнішньої системи контролю пристроєм.

Клас `RapiSender` призначений для обміну даними по протоколу UART між розробленим агентом моніторингу та управління та блоком зарядної станції. Оскільки обидва модулі розміщуються фізично в одному корпусі, передача даних відбувається по проводу. Даний клас зчитує параметри зарядної станції, такі як, напругу, температуру, силу струму споживання, максимально дозволена силу струму, та виконує передачу команд до віддаленого контролера, а саме, команди обмеження максимальної сили струму споживання та блокування та розблокування процесу підзарядки.

4. ОПИС ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПРОГРАМНОГО АГЕНТУ

Розроблений програмний продукт призначений для взаємодії з власником електромобіля та зовнішнім агентом. В даному розділі розглянуті діаграми прецедентів, опис функціоналу інтерфейсу користувача, опис API інтерфейсу для взаємо зв'язку із зовнішніми агентами.

4.1. Діаграма прецедентів

Діаграма прецедентів представлена у вигляді графу де є множина користувачів (акторів) системи і варіанти використання системи (прецеденти) обмежені границею системи, а також зв'язки між ними. Таке представлення - це загальний погляд на систему збоку, незалежний від способу її реалізації. Головна мета діаграми прецедентів - відобразити що саме описана система може виконувати, які функції в ній реалізовано, а не те як саме вона буде робити це. Розробка діаграми варіантів використання переслідує наступні цілі [25]:

1. Визначити функціональні межі і особливості змодельованої предметної області на ранніх етапах створення системи.
2. Сформулювати загальні вимоги до функціонального поведінки проектованої системи.
3. Створити вихідну модель концепції системи для її подальшої реалізації у формі фізичних та логічних сутностей.
4. Розробити документацію для необхідної комунікації розробників продукту з її замовником та кінцевими користувачами [26].

Призначення вище описаної діаграми визначається в слідуючому: проектована система надається у форматі безлічі зв'язків чи акторів, які взаємодіють з програмним продуктом через відповідні варіанти користування. При цьому актором або дійовою особою називається будь-яка сутність, що працює з програмою поза її межами. Це може бути як персона, автоматизована

система, програмне забезпечення, що може служити джерелом керування системою яка створюється так, як визначить сама компанія розробник. Відносно себе, варіант моделі користування слугує для опису послуг, які розробка надає акторам. Тобто, можна можливість варіанту функціонування визначає певний набір можливостей, який виконують над системою при комунікації з актором. При цьому не описується жодного факту про те, яким способом реалізовано комунікації між актором та системою [27].

З боку власника електромобіля реалізовано функції зарядки по таймеру, моніторингу стану зарядного процесу, підключення агенту моніторингу ціну на електроенергію, що відображено на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 — Діаграма прецедентів

З боку агенту моніторингу реалізовано функції обмеження потужності підзарядки електромобіля, отримання зворотного зв'язку від зарядного пристрою, а саме, підтвердження зміни сили струму, отримання кількості переданої енергії. Обмін даними з агентом моніторингу цін пропонується через бездротове з'єднання шляхом API запитів через технологію WebSocket. Моніторинг активності зарядної станції для електромобіля відбувається через провідний протокол UART і включає отримання даних про стан напруги мережі, силу струму яка споживається електромобілем в реальному часі, температуру в середині корпусу, кількість переданої енергії за час підзарядки електромобіля, тривалість підзарядки електромобіля, етап підзарядки. Для власника агенту зарядної станції доступні всі дані що отримуються агентом, що відображено на діаграмі прецедентів. Для агенту моніторингу цін або іншого агенту, який теж може бути користувачем розробленого програмного продукту доступний моніторинг сили струму та кількості переданої енергії. Моніторинг сили струму потрібен для отримання зворотнього зв'язку від агенту управління зарядною станцією після зміни потужності підзарядки, щоб отримати підтвердження про успішне оновлення конфігурації пристрою. Кількість переданої енергії потрібна для того щоб проаналізувати подальшу поведінку щодо проведення політики обмеження струму для підзарядки підключеного електромобіля.

4.2. Інтерфейс користувача

Для досягнення можливості управління пристроєм з будь якого пристрою необхідно створити застосунок який відкривається на великій кількості пристроїв. Створення додатків які запускаються лише на одній платформі не доцільне тому що потребує значної кількості навичок та особливостей розробки для кожної системи. Необхідність в запуску додатку управління пристроєм на різноманітній кількості платформ дозволить не обмежувати коло користувачів агенту моніторингу, так як вони будуть впевнені що їх платформа підтримується і є можливість використання такого застосунку. Також розроблюваний додаток не вимагає використання усіх переваг кожної платформи для запуску а лише

призначений для отримання даних під час процесу підзарядки та простою, сповіщень та управління зарядним пристроєм.

Оптимальним рішенням для розробки інтерфейсу є створення уніфікованого кросплатформенного застосунку. Оскільки більшість пристроїв у користувачів підтримують браузері, тому доцільно використати технологію PWA яка базується на webview компоненті. Управління агентом зарядної станції реалізовано через WEB сторінку з інтерфейсом.

Прогресивний веб-додаток (PWA) - це веб-сайт, який виглядає і поводить себе так само, як мобільний додаток, що означає, що його можна додати до головного екрана смартфона, відправити push-повідомлення, отримати доступ до апаратних засобів пристрою і працювати в автономному режимі. Progressive Web App працює стабільно як при нестійкому з'єднанні або при відсутності мережі, так як це було б з повним доступом до мережі Інтернет.

Розмір додатку - ще один важливий фактор. Середній розмір нативного застосунку складає близько 25 Мб, чим більше з'являється різних сервісів, тим більше додатків необхідно встановлювати в смартфонах і не завжди для всіх них достатньо місця. Середній розмір Progressive Web App - всього 2Мб. Для підтримки роботи додатку в умовах відсутності підключення до мережі Інтернет розроблено декілька підходів кешування даних: Cache with fallback to Network, Network with fallback to Cache, Cache and Network race.

Кеш з резервом для мережі використовується якщо відповідь вже знаходиться в кеші, тоді вона буде передана користувачеві, і запит до серверу за новими даними ніколи не буде виконано. Якщо відповідь ще не містить в локальному сховищі, додаток спробує завантажити його онлайн і потім помістити в кеш. Цей підхід використовується для контенту, який змінюється дуже рідко або не змінюється взагалі.

Підхід «Мережа з відкотом до кешу» використовується наступним чином, при якому онлайн-користувачі завжди отримують актуальну онлайн-версію, а автономні користувачі отримують версію з локального сховища. Даний підхід використовується для ресурсів, які часто оновлюються.

Підхід «Кеш і мережева гонка» використовується коли відбувається пошук даних в локальному сховищі, одночасно запрошуючи онлайн-контент. Спочатку користувачу відображається кеш відповідь, а потім змінюється новими даними відразу після їх отримання та оновлюється результат в локальному сховищі.

Незалежно від того, який шаблон використовується, завжди можливий випадок, коли відповідь не зберігається в локальному сховищі і не може бути отримана в режимі онлайн. В цьому випадку обслуговується статична HTML-сторінка (яка також кешується як частина оболонки додатку), яка повідомить інформацію про те що відсутнє з'єднання з мережею інтернет. Це спосіб повідомити користувачеві, що щось пішло не так і немає можливості обслуговувати конкретний контент в даний момент. Робота додатку без відсутності мережі Інтернет надзвичайно важлива, але щоб успішно замінити нативний додаток, PWA має виглядати і вести себе як додаток написаний для обраної платформи. Це досягається за допомогою файлу `manifest.json`, який містить json-відформатовані властивості програми, такі як ім'я, посилання головної сторінки, логотипи для різних екранів, кольору заставки, орієнтацію пристрою, тощо. Структура файлу відображена на рисунку 4.2.

```
1 {
2   "name": "Агент моніторингу та управління",
3   "short_name": "RemoteControlAgent",
4   "description": "Додаток для моніторингу та управління зарядним процесом.",
5   "icons": [
6     {
7       "src": "icons/icon-32.png",
8       "sizes": "32x32",
9       "type": "image/png"
10    }
11  ],
12  "start_url": "/pwa/index.html",
13  "display": "fullscreen",
14  "theme_color": "#B12A34",
15  "background_color": "#B12A34"
16 }
```

Рисунок 4.2 — Структура файлу `manifest.json`

Мінімальні вимоги до файлу, наявність поля `name` і хоча б один значок `src`. Поля `description`, `short_name`, і `start_url` є рекомендованими. Все кешування, про яке було описано, виконується вбудованою системою браузера під назвою «Service Worker», який по суті є нічим іншим, як файлом JavaScript, який знаходиться в додатку, але виконується в окремому процесі, це означає, що завершено при закритті програми в браузері Service Worker продовжить працювати в фоновому процесу. Це проміжний шар між інтерфейсом додатку і сервером даних в мережі, що знаходиться в браузері. Всі запити браузера йдуть через даний проміжний сервіс. Діаграма роботи додатку з використанням функції Service Worker відображена на рисунку 4.3.

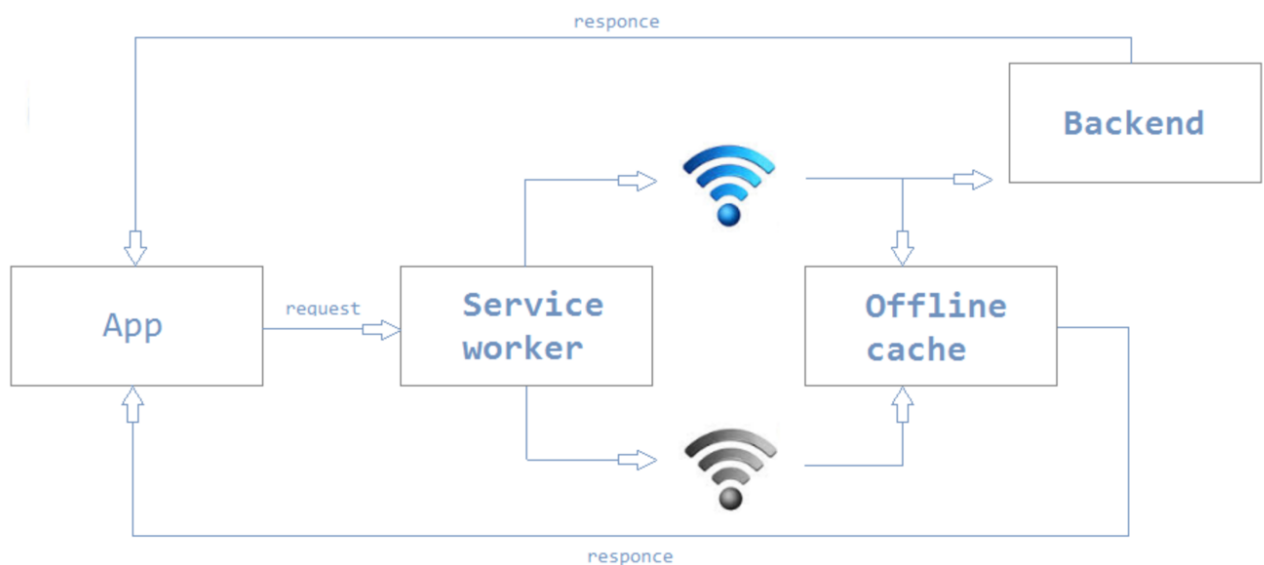


Рисунок 4.3— Обробка запитів з Service Worker

Після встановлення додатку і відкриття головної сторінки програми, Service Worker зберігає статичну інформацію в оболонці програми та починає обробляти запити, надіслані додатком, обслуговуючи відповіді на основі логіки, запрограмованої в ній, якщо дані відсутні в локальному сховищі тоді відбувається запит до серверу.

Для підключення до web-інтерфейсу агенту моніторингу та управління зарядної станції електромобіля, користувачу необхідно підключити свій смартфон або інший електронний гаджет з браузером до бездротової мережі в

якій знаходить розроблений агент. Після підключення необхідно відкрити браузер та перейти за посиланням IP адреси що призначена агенту маршрутизатором бездротової точки доступу. Після відкриття сторінки користувачу буде запропоновано встановити додаток на робочий стіл. Інтерфейс користувача відображено на рисунку 4.4.

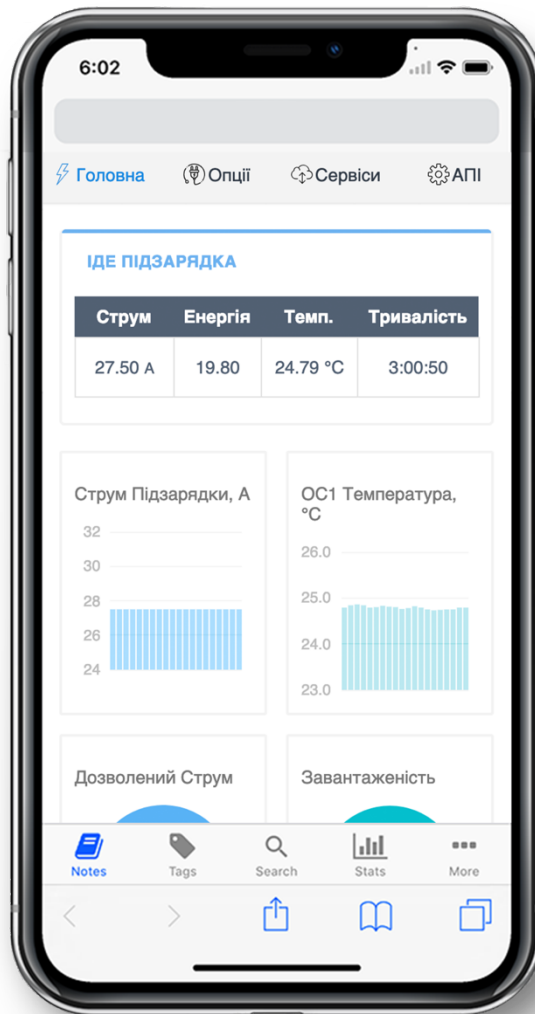


Рисунок 4.4 — Інтерфейс користувача

Як видно на вище відображеному рисунку, в користувача є два графіки для моніторингу потужності підзарядки та температури. На панелі опції доступно управління параметрами конфігурації пристрою, а саме, підключення до нової бездротової мережі, підключення нової мітки RFID, панель сервіси дозволяє додати посилання на зовнішній сервіс управління потужністю пристроєм.

4.3. Опис API функціоналу

Для управління процесом підзарядки за допомогою зовнішніх автоматизованих агентів розроблено набір API функцій, який дозволить отримувати інформацію про актуальний стан пристрою та передавати команди управління для обмеження потужності, початку та зупинки процесу підзарядки. Обмін API функціями відбувається через протокол websocket, оскільки він дозволяє постійно тримати зв'язок і ініціювати обмін інформацією в двосторонньому напрямку, навіть коли агент моніторингу знаходиться в мережі з динамічним IP адресом. Для підключення пристрою до агента моніторингу в інтерфейсі користувача потрібно вказати посилання до серверу моніторингу у вигляді «protocol://ip:port/agent_id». Посилання повинно обов'язково починатись із вказання протоколу передачі даних, в даному випадку це може бути ws або wss, що вказує на захищеність з'єднання. Наступним параметром необхідно вказати IP адресу серверу розміщення агента або URL посилання. При передачі IP адреси агент моніторингу з'єднається відразу, якщо вказати другим параметром URL адресу, тоді програмний продукт спочатку звернеться до DNS серверу за отриманням актуального IP адреси і потім відбудеться запит до серверу. Третім параметром необхідно передати порт до якого необхідно звернутись для встановлення з'єднання. Останній параметр слугує для ідентифікації зарядного пристрою на сервері агента. Всі параметри обов'язкові до заповнення. Вказаний користувачем шлях до серверу зберігається в енергонезалежній пам'яті та використовувати при кожному перезапуску пристрою.

Після успішного встановлення з'єднання можливий обмін інформацією у форматі запитів від клієнту до серверу, бо навпаки від серверу до клієнту. Формат запитів відображено на рисунку 4.5.

Розроблений протокол управління та моніторингу має обов'язковий порядок значень. Дана схема зменшує кількість допоміжних символів для форматування проте накладає певні обмеження щодо послідовності передачі параметрів. Однак даний підхід використано для оптимізації розміру

повідомлень так швидкості доставки в умовах не стабільного з’єднання. При використанні лімітованих мереж по трафіку, наприклад, стільникових, можуть бути випадки швидкого досягнення ліміту і припинення обслуговування.

flag:id:function:value1|value2

Рисунок 4.5 — Формат протоколу обміну даними

В порівнянні із протоколом JSON розмір пакету повідомлення зменшується в 10-15 раз, завдяки коротшій нотації функцій та розділу значень. Тому для уникнення описаної вище ситуації пропонується розроблений протокол обміну даними. Опис значень протоколу наведений в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Опис протоколу обміну даними

Параметр	Опис значення
flag	Відповідає за ідентифікацію пакету як запит чи відповідь на опрацьований запит. Значення повинно бути різним при запиті або відповіді на запит.
id	Унікальний ідентифікатор повідомлення в рамках одної сесії, слугує для збереження цілісності передачі даних, та ідентифікації відповіді. Поле відповіді повинно містити той же ідентифікатор повідомлення що був відправлений у пакеті-запиті.
function	Назва функції для активації на віддаленому агенті моніторингу стану електромобіля або ринку електроенергії. Поле повинно містити строковий тип значення.
value	Передача параметрів в функцію. Поле може містити масив значень розділених вертикальною лінією, кожне значення може мати різний тип даних, число або рядок.

Після розгляду архітектури протоколу взаємодії та агентами моніторингу та управління блоком зарядного пристрою електромобіля та зовнішнім агентом збору інформації та віддаленого управління в залежності від завантаженості електромережі пропонується до розгляду набір реалізованих API функцій для автоматизованої комунікації з описом у вигляді таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Опис розробленого протоколу обміну даними

Функція	Параметри	Опис значення
lock	uint16	Блокування/розблокування процесу підзарядки електромобіля. Запит надсилається від серверу до клієнта. Як параметр передається значення 0 або 1 що вказує на блокування/розблокування процесу підзарядки.
pilot	uint16	Обмеження максимальної потужності споживання електромобілем. Запит надсилається від серверу до клієнта. На основі вартості електроенергії на навантаження на мережу зовнішній агент встановлює обмеження на максимальну сили струму споживання. Як параметр передається значення сили струму від 6 до 40.
state	uint16	Стан зарядного пристрою (вимкнено, доступно до підзарядки, електромобіль підключено, підзарядка, помилка). Запит надсилається від агенту моніторингу зарядного пристрою до серверу. Як параметр передається цифровий код стану зарядного пристрою.
flag	string uint16	Передавання функціональних параметрів (моніторинг заземлення, температури, витоку струму, стану батареї електромобіля). Запит передається від серверу до агенту моніторингу та управління зарядним пристроєм. Як параметр передається назва функціонального параметру та його значення: активація або дезактивація

ampcal	uint16 uint16	Коефіцієнти калібрації амперметра. Запит надсилається від серверу до клієнта. Як параметр передаються числові значення множника та зсуву які потрібно застосовувати до отриманого значення від сенсору струму.
--------	---------------	--

Одночасно із протоколом власної розробки впроваджено додатковий протокол, який використовується вже і інших агентах мультиагентної взаємодії для швидкого підключення агенту моніторингу зарядного пристрою до існуючих серверів без зміни їх конфігурації. Структура альтернативного протоколу наступна: «[<flag>, "<id>", "<function>", {<payload>}]», де перші три параметри збігаються з розробленим протоколом, а останній параметр – набір аргументів для функції у вигляді JSON- сторки. Для роботи з додатковим розповсюдженим протоколом, реалізовано наступні функції, які описано в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. Опис функцій впровадженого протоколу обміну

Функція	Ініціалізатор	Опис значення
BootNotification	Клієнт	Передача параметрів про зарядний пристрій при початковому підключенні до серверу.
MeterValues	Клієнт	Надсилання проміжних даних процесу підзарядки у вигляді серіалізованого JSON об'єкту після початку процесу підзарядки.
Remote StartTransaction	Сервер	Запит на початок процесу підзарядки.
StartTransaction	Клієнт	Сигналізування про початок процесу підзарядки електромобіля
ChangeConfiguration	Сервер	Регулювання потужності підзарядки та інтервалу надсилання проміжних статистичних даних процесу підзарядки

GetConfiguration	Сервер	Отримання поточних параметрів конфігурації агента моніторингу зарядного пристрою.
StopTransaction	Клієнт	Сигналізування про зупинення процесу підзарядки із надсиланням даних про спожиту енергію.
Remote StopTransaction	Сервер	Запит на повну зупинку процесу підзарядки із отримання кінцевих статистичних даних.
Restart	Сервер	Команда на перезавантаження пристрою

Функція MeterValues передає серверу параметри отримані від різних сенсорів агенту управління та моніторингу зарядним пристроєм, зокрема, значення поточної сили струму споживання, напругу, температуру пристрою.

При порівняльній характеристиці двох протоколів, розроблений протокол отримав значно менший розмір пакету та відповідно швидшу передачу даних в умовах повільного та не стабільного з'єднання. Проте до поширення та впровадження описаного протоколу на віддалених серверах моніторингу стану енергомережі впроваджений альтернативний протокол забезпечить швидку інтеграцію в реальні існуючі системи.

5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

У зв'язку із зміною світових тенденцій на ринку автомобілів, на даний момент відбувається перехід на новий етап, а саме, стрімкий початок продаж автомобілів із вбудованими тяговими високовольтними акумуляторами або конденсаторами. Виробництво електромобілів сприяє не лише збереженню екології планети, а саме зменшенню парникових ефектів, а й комплектуванням електромобілів сучасними системами допомоги водію в дорозі. Саме тому прогнозується постійне зростання продаж електромобілів і повний перехід людства на даний тип транспортних засобів, як автомобілів для власного користування так і нерейкового громадського транспорту.

Однак, зростання кількості електромобілів має не лише позитивну сторону але й певні загрози для енергетики. Саме тому, розробка програмного забезпечення описана в даному документі призначена вирішити негативний вплив зарядки авто на електромережу. Програмне забезпечення напряду залежить від попиту на електромобілі, а саме, на пристрої для підзарядки електромобілів, оскільки просування програмного продукту планується як невід'ємна частина будь якої зарядної станції для електромобілів.

5.1. Опис ідеї проекту

Перед виходом нового продукту на ринок потрібно провести аналіз його актуальності, доцільності, об'ємів. Потрібно визначити які потреби задовольняє пропонований продукт, тому в даному розділі буде розглянуто у вигляді таблиць різні аспекти та особливості які необхідно враховувати перед запуском продукту та компанії на ринок та доцільності створення бізнесу з даної розробки. Буде проведена оцінка переваг та вигод для користувача, довкілля, доходів та витрат компанії. Буде проаналізовано доцільність та частоту використання продукту, початкову та стратегічну поведінку компанії при виході на ринок, необхідні ринки та обсяги продаж для отримання позитивної динаміки ведення бізнесу,

доцільності укладення партнерства з існуючими компаніями. Опис ідеї стартап-проекту та напрямків застосування з описаними вигодами для користувача відображено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Регулювання потужності процесу підзарядки електромобіля відповідно до стану завантаженості електромережі з двостороннім зв'язком між агентами розподілення енергії між виробниками і споживачами, та отримання актуальної інформації у вигляді сповіщень на смартфон.	Підключення агенту до існуючих зарядних пристроїв.	Відсутність необхідності придбання нового пристрою.
	Використання агенту для підключення агенту ринку електроенергії.	Економія коштів при зарядці в години найменшого споживання, та відсутність необхідності збільшення резерву електроенергії.
	Виробництво пристроїв з агентом моніторингу та управління.	Додаткові функціональні переваги із поміж інших пристроїв.
	Моніторинг стану підзарядки електромобіля.	Отримання сповіщень з актуальною інформацією щодо зарядного процесу.

З вище описаної таблиці видно що у стартап проекту існує багато, зокрема, чотири напрямки застосування, тому ризики диверсифікуються по різних напрямках реалізації продукту, а саме, модернізації існуючих зарядних пристроїв, що в рамках сильної конкуренції на ринку та низької купівельної спроможності клієнтів допоможе компанії витримати початкове навантаження до формування впізнаваного бренду. А співробітництво з мережами електрозарядних станцій

допоможе краще проаналізувати потреби кінцевого користувача, власника електромобіля.

5.2. Технологічний аудит ідеї проекту

Після розуміння змісту ідеї яка пропонується до реалізації необхідно провести всебічний аналіз характеристик проекту, що пропонується до реалізації. Опис сильних, слабких, нейтральних характеристик проекту проаналізовано в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п / п	Техніко- економіч ні характер истики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтра льна сторона)	S (сильн а сторон а)
		Мій проект	Конку рент 1	Конкурен т 2	Конкуре нт 3			
1	Похибка вимірюв ання	1%	0.5%	1 %	1.5%		+	
2	Кількість елементі в	~20	~15	~12	~15		+	
3	Розміри	портативни й	наполь ний	настінний	настінни й			+
4	Функції WIFI	роутер клієнт	-	роутер	роутер			+
5	Характер истики матеріал у	метал	метал	пластик	метал		+	
6	Інформат ивність дисплею	стан, лічильник, температур а, вологість	стан, лічиль ник	стан, лічильник	стан, лічильн ик			+
7	Зв'язок	WIFI LTE	GSM	WIFI	WIFI			+

8	Інтерфейси управління	Web-сайт, додаток для телефону, сповіщення	застосунок для смартфона	Web-сайт	Web-сайт			+
---	-----------------------	--	--------------------------	----------	----------	--	--	---

З вище описаної таблиці видно, що головною перевагою системи для користувачів клієнтів буде функціональність пристрою, а саме можливість віддаленого керування та моніторингу для отримання статистики при порівняльній ціні з аналогами, що є одним з найважливіших вимог в більшості потенційних клієнтів. Проте для реалізації проекту потрібно проаналізувати технології що необхідні для створення продукту, відповідне дослідження розміщено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Створення кіберфізичної системи для моніторингу та контролю зарядного процесу електромобілі в відповідно до зовнішніх параметрів електромережі та потреб власника електромобіля	Розробка енергоефективної системи на базі апаратного контролера	Існуюча платформа мікроконтролерів.	Доступно
2		Швидкісний обмін даними між агентом моніторингу, розроблюваною системою, та блоком управління зарядної станції.	Існуючий протокол обміну даними.	Доступно
3		Віддалений обмін даними з агентом моніторингу ринку в режимі реального часу	Існуючий протокол обміну даними.	Доступно

4		Перенаправлення потоків передачі енергії між електромобілем і мережею.	Існуюча технологія комунікації (патенту).	Недоступно
5		Локальне управління процесом підзарядки за допомогою карти доступу.	Існуюча технологія обміну даними для ідентифікації водія.	Доступно

З таблиці видно, що більшість технологій задокументовано і є загальноприйнятими для реалізації в різних системах для уніфікації протоколів обміну між ними, проте технологія передачі електроенергії від електромобіля в електромережу запатентована, тому на систему накладається обмеження щодо терміну реалізації даної функції.

Проте навіть без функції віддачі енергії система може повноцінно згладжувати піки споживання електроенергії заряджаючи електромобіль з низькою потужністю в моменти активного використання мережі іншими учасниками та збільшуючи потужність передачі електроенергії в моменти спаду попиту на електроенергію.

5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Після технологічного аналізу розробки стартап проекту необхідно провести дослідження ринку збуту, потенційних покупців, клієнтів компанії. Необхідно оцінити можливості компаній що вже існують на ринку, характеристики ринку що створені за час їх існування та просування продуктів аналогів до розробленого товару від команди стартап проекту, проаналізувати динаміку ринку, наявність обмежень для входу на ринок та специфічні умови що необхідні для стандартизації даний опис приведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців од	5
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	100000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка) Зростає/спадає/стагнує	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Реалізація протоколів обміну даними для платформи мікроконтролерів
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	сертифікат електромагнітної сумісності і електробезпеки.
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	20

За результатами аналізу видно що проект має позитивну динаміку прибутку, проте вона залежить від обсягу продаж. З іншої сторони досягнення необхідної кількості продаж є здійсненним завданням, оскільки динаміка ринку постійно зростає і користування електромобілем починає бути світовим трендом, так як більшість новітніх функцій реалізуються спочатку в електромобіля. Для старту продаж потрібно сертифікати електромагнітної сумісності та електробезпеки, а також реалізація програмного забезпечення для функціонування пристрою із вже стандартизованими протоколами передачі даних на мікроконтролерах, для досягнення енергоефективності розроблюваного продукту.

Таблиця 5.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Підзарядка електромобіля в нічний час.	Власник автомобіля	Визначення сумісності електромобіля із зарядним пристроєм	Потужність Відсутність шуму Моніторинг
2	Постачання пристрою для продовження руху при продажу автомобіля.	Виробник електромобілів	Швидкість та об'єми поставок.	Вартість Потужність Розміри Дизайн
3	Розбудова інфраструктури підзарядки електромобілів	Оператори ЕЗС	Захищеність від зовнішніх чинників та погодних умов.	Вартість Потужність Розміри Протоколи обміну даними
4	Залучення нових клієнтів в яких є електромобілів.	Бізнес з наявністю паркомісць	Можливість брендування та поширення інформації про наявність зарядного пристрою для клієнтів.	Вартість Потужність Розміри Дизайн Протоколи обміну даними
5	Створення можливості підзарядки електромобілів для власників багатоквартирних будинків.	Забудовники житлових комплексів	Можливість монтажу пристрою разом з покупкою.	Вартість Можливість балансування потужності Протоколи обміну даними
6	Встановлення екологічних зарядних станцій на біля існуючих заправок.	Заправки для електромобілів	Визначення максимальної потужності для швидкої підзарядки автомобілів.	Вартість Швидкість Дизайн Протоколи обміну даними

В таблиці 5.5 проаналізовано характеристики і особливості різних класів потенційних покупців. Як видно з таблиці, цільова аудиторія розширюється при наявності реалізованих протоколів обміну даними, що реалізуються в даному програмному продукті. Хоча основним критерієм і більшості сегментів є саме потужність підзарядки, поруч із ними завжди йде і можливість моніторингу стану процесу підзарядки та можливість регулювання потужності відповідно до навантаження електромережі та вартості електроенергії на загальному ринку. Для розуміння факторів загроз та підготовки реакції компанії на відповідні дії щодо їх усунення або компенсації наслідків приведено дані в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6. Фактори загроз

№	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Падіння купівельної спроможності	При падінні доходу населення відповідно до діаграми потреб спочатку відбувається задоволення базових потреб, на які ледве вистачатиме коштів.	Зменшення кількості комплектуючих. Спрощення дизайну та функціональних можливостей пристрою. Вихід на міжнародний рівень продаж.
2	Збільшення конкурентів	Поява конкурентів спричиняє до розподілення потоків клієнтів, створення аналогічних функцій.	Покращення дизайну пристрою, збільшення функцій пристрою, розширення рекламної кампанії. Покращення технології вимірювання та моніторингу, аналізування стабільності роботи та виявлення позаштатних ситуацій.
3	Зміна компаній поставників компонентів	В поставників закінчуються запаси комплектуючих матеріалів або відбувається збій поставок.	Ведення бази поставників відповідно до їх рейтингу надійності, ціни. Заключати домовленості із допоміжними поставниками компонентів.

4	Закінчення терміну дії сертифікату	Продукція перестає бути сертифіковано, оскільки минає термін дії сертифікату.	Поновлення дії сертифікату, проведення нових випробувань в акредитованих лабораторіях.
5	Збільшення запасу ходу електромобілів	Збільшення запасу ходу призводить до відсутності у водії потреби для підзарядки в публічних місцях, відповідно відсутність попиту на підзарядку в публічних місцях призведе до зниження клієнтів які купують станції для отримання доходу, таких як операторів ЕЗС.	Орієнтація на кінцевих користувачів. Додавання нових функцій для власників електромобілів щодо моніторингу процесу підзарядки, управління та отримання сповіщень.
7	Збільшення потужності високовольтних батарей	Збільшення запасу ходу призведе до збільшення потужності батарей, тому виникне необхідність в швидкісній підзарядці.	Створення нових моделей зарядних пристроїв з можливістю підзарядки постійним струмом.
8	Зменшення попиту на електромобілі.	Орієнтація ринку на автомобілі з топливними елементами на основі гідрогену.	Оптимізація рекламних кампаній. Розширення партнерств з дилерами та мережами роздрібною торгівлі.

Після аналізу факторів загроз стає очевидно, що основною причиною що загрожує компанії при конкуренції на національному рівні є зменшення купівельної спроможності населення, тому потрібно розширювати напрям на вихід за межі національного рівня продаж. Також, потрібно брати до уваги можливість зменшення попиту на електромобілі, оскільки існують й інші види

транспортних засобів що приводяться в дію екологічно чистими паливними елементами на основі рідкого або газоподібного гідрогену.

Після розгляду факторів загроз необхідно проаналізувати можливості розвитку компанії на їх основі для подальшого розширення ринку та збільшення доходів. Фактори що дозволяють збільшити продуктивність компанії описано в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7. Фактори можливостей

№	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Збільшення купівельної спроможності	При збільшенні доходу населення збільшується кількість клієнтів що купує електромобілі та може дозволити собі пристрої моніторингу та управління зарядним процесом.	Збільшення функцій пристрою, розширення рекламної кампанії, створення пристроїв з новим дизайном. Збільшення потужностей виробництва.
2	Вихід на міжнародний рівень.	Розширення ринку збуту пристроїв для моніторингу та управління зарядним процесом.	Адаптація пристроїв під регуляторні норми країн продаж товару. Адаптація силових частин під стандарти різних країн.
3	Створення мережі ЕЗС.	Створення інфраструктури підзарядки для електромобілів.	Укладення домовленостей із власниками територій з паркомісцями щодо спільної діяльності.
4	Партнерство з дилерами.	Збільшення продаж продукції що виготовляється без залучення нового персоналу.	Укладення домовленостей з мережами роздрібною торгівлі та салонами електромобілів.

Після розгляду факторів які розширюють можливості компанії та укріплюють її місце на ринку є створення мережі ЕЗС яка буде не тільки підзаряджати електромобілі і розвивати інфраструктуру для електромобілів, а й

демонструватиме можливості зарядних пристроїв своїм потенційним покупцям під час їх використання для публічної підзарядки електромобіля.

Перед виходом нової компанії з новим продуктом на ринок на ринок потрібно провести аналіз конкуренції ринку для визначення початкового бюджету рекламної кампанії та стратегії поведінки з самого початку, дані особливості розглянуто в таблиці 5.8.

Таблиця 5.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

№	Особливості середовища конкуренції	В чому виявляється дана особливість	Вплив на подальші дії компанії стартапу (потенційні дії команди стартапу, щоб бути конкурентними на ринку)
1	Тип конкуренції: Олігополія	Більшість продукції виготовляється незначною кількістю компаній.	Додавання нових функцій в розроблюваний продукт та демонстрації їх користувачу.
2	За рівнем конкурентної боротьби: національний	Більшість виробників розміщено в різних частинах країни та орієнтуються на внутрішній ринок країни.	Укладання нових договорів про партнерство з мережами продажу автомобільних аксесуарів та обладнання.
3	Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	На ринку існує конкуренція між пристроями які в більшості мають однакові функції.	Покращення дизайну пристрою, аналіз ергономічності корпусу.
4	Конкуренція за галузевою ознакою внутрішньогалузев а	Основним завданням продукту є підзарядка електромобілів, використання товару за іншим призначенням не можливе.	Аналіз роботи пристрою з різними споживачами, тестування процесу підзарядки з іншими електромобілями.

5	За характером конкурентних переваг: цінова	Вартість продукції достатньо висока щоб пересічний покупець не приймав її до уваги.	Оптимізація процесів доставок та виробництва комплектуючих частин. Розробка власних комплектуючих.
6	За інтенсивністю: марочна	Середній чек при покупці зарядного пристрою має значення для власника електромобіля тому значну роль відіграє репутація компанії, відгуки про якість пристрою.	Збільшення кількості реклами, спонукання користувачів до написання відгуків.

Оскільки ринок є насичений виробниками зарядних пристроїв до електромобілів а кількість електромобілів порівняно з іншими розвиненими країнами незначна, тому у покупців є широкий вибір моделей і вимоги до якості. Потрібно не лише задоволення функціональних потреб в підзарядці електромобіля а й демонстрування надійності та якості продукту щоб в користувача була впевненість в своєму виборі в сторону даної стартап компанії.

З поміж різноманітних факторів зовнішнього середовища, що впливають на фірму, виділяють ключовий - це галузь (чи галузі), в якій фірма веде конкурентну боротьбу. Особливості галузі мають значний вплив на створення правил боротьби на ринку, а також вибору стратегій команди стартап-проекту. Стан конкуренції в області залежить від п'яти головним конкурентних сил (модель спроектована М. Портером який є професором гарвардської школи бізнесу і названа моделлю п'яти конкурентних сил). Модель п'яти напрямків для конкуренції дозволяє обрати найоптимальнішу відповідність між внутрішнім складом команди проекту і позиціонуванням її у ринковому оточенні. Стійкі конкурентні переваги країни (нації) можуть базуватися лише на міцних конкурентних перевагах її окремих галузевих кластерів. Поява в галузі хоча б однієї організації – попередника сприяє зміцненню потенціалу конкуренції інших галузевих компаній, які, намагаючись вести боротьбу за споживача, посилюють свої конкурентні особливості. В таблиці розглянуто складові аналізу

які формуватимуть ринкову стратегію просування продукту в рамках стартап-проекту. Детальніший аналіз конкуренції в галузі розглянуто в таблиці 5.9.

Таблиця 5.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари заміники
	Keba P20, Schnieder EvLink, jussie box pro	Недостатній розмір ринку на даний момент	Постачальники диктують умови співпраці.	Споживачі реагують на зміну вартості продукту.	Товари заміники пропонують базовий функціонал за дешевшу вартість.
Висновки	З ростом продажів електромобілів інтенсивність збільшується.	Великі компанії, що виготовляють або планують виготовляти електромобілі та супровідне обладнання	Для досягнення найкращих умов співпраці потрібно замовлення максимальних об'ємів комплектуючих.	Клієнти диктують швидкість підзарядки електромобіля.	Створення пристроїв для підзарядки електромобілів з широким модельним рядом для задоволення різних потреб.

На основі аналізу приведенного в таблиці 9 конкурентоспроможність стартап-проекту можлива за наявності широкого ряду зарядних пристроїв для покриття потреб різних класів покупців. Демонстрації якості пропонованого продукту, проведення демонстраційних тестів та випробувань приладу в різних ситуаціях. Для отримання вигідних умов від постачальників необхідно продемонструвати їм свій потенціал який стартап-проект може отримати завдяки при отриманні вигідних умов та які позитивні зміни будуть в постачальника при укладенні договору про співпрацю. Детальніший розгляд обґрунтування факторів що підтверджують конкурентоспроможність описаний в таблиці 5.10.

Таблиця 5.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Рівень якості товару та його стабільність	Підвищення точності вимірювання переданої потужності, швидкості реакції на запити зовнішніх систем.
2	Цінова політика	Вартість приладів буде відносно нижча за прилади конкуруючих компаній.
3	Модульність	Модульний принцип дозволить робити різні конфігурації пристрою на базі одного корпусу та замовляти нові функції до вже існуючих приладів.
4	Ергономічність	Покращення зручності використання, а саме зручності штекеру для електромобіля та корпусу пристрою.
5	Програмна частина	Розширений функціонал пристрою за ті ж самі кошти що й у конкуруючих приладів суміжного класу.
6	Готова технологія виготовлення	При готовій технології виготовлення знижується час від моменту створення до передачі товару покупцю.
7	Обслуговування	Надання необхідних консультацій користувачам та перед покупкою пристрою, та надання підтримки під час користування.
8	Репутація	У зв'язку з особливостями ринку репутація компанії має значення для власника, оскільки мова йде про безпеку підзарядки засобу пересування.

З оглянутої вище таблиці видно що для підвищення конкурентоспроможності товару потрібно розуміти що важливу роль відіграє репутація компанії, так як навіть при розширених можливостях пристрою безпека підзарядки електромобіля відіграє важливу роль, оскільки це засіб пересування який може бути нагально потрібний в будь який моменти. Клієнти відчують себе впевненими при отримання початкової консультації та розумінні кваліфікації персоналу що виготовляє продукт. Для визначення впливу кожного фактору конкурентоспроможності на формування стратегії просування продукту на ринку проводиться порівняльний аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту із продуктами компаній що вже пропонують свої послуги на ринку, який наведено в таблиці 5.11.

Таблиця 5.11. Порівняльний аналіз слабких і сильних сторін продукту.

№ п/п	Фактор спроможності до конкуренції	Бали 1-20	Рейтинг товарів-аналогів						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Точність вимірювань	20				+			
2	Обслуговування	19							+
3	Цінова політика	18							+
4	Програмна частина	17							+
5	Репутація	16				+			
6	Ергономічність	15					+		
7	Модульність	14							+
8	Готова методика виготовлення	13		+					

З таблиці видно що головними факторами при розробці продукту є програмна частина, яка включає розширений набір функцій для задоволення потреб різноманітних користувача що можуть виникнути при підзарядці електромобіля від зарядного пристрою. Модульність пристрою забезпечує підхід при якому можлива модернізація пристрою до більш функціонального на базі вже існуючих основних компонентів. Такий підхід реалізовано, оскільки в користувачів може виникнути бажання замовити нові функція для вже придбаного пристрою. Слабкими сторонами проекту є використання імпортованих контролерів, що підвищує вартість продукту та поставки залежать від багатьох факторів і немає впевненості в отриманні необхідної кількості контролерів за визначений необхідний термін. Для вирішення цього питання необхідно після проведення тестування пілотної партії продукції замовити розробку контролерів власного виробництва.

Заключним етапом аналізу ринкової поведінки для впровадження проекту є створення SWOT-аналізу. Це матриця сильних, слабких сторін, можливостей і загроз для проекту. Кожен проект або компанія має на ринку свої переваги, можливості і наділена недоліками і має зовнішні загрози. SWOT-аналіз допомагає виявити ті сильні і слабкі сторони проекту, які потребують пріоритетної уваги і зусиль з боку команди стартап-проекту. Перед початком аналізу SWOT комплексно зосереджуються на потенційних загрозах і можливостях, що виникають перед виробництвом продукту. Потім потрібно з'ясувати, які загрози є найбільш можливими і які ризики здатні спричинити відповідні загрози. Саме дані загрози потребують швидкої реакції при їх виникненні, уваги до них та концентрації зусиль для їх найшвидшого усунення.

Визначаючи можливості, потрібно брати до уваги їх потенційну привабливість і можливість їх імплементації, а також, чи очікувані вигоди для команди стартап-проекту зможуть перевершити відповідні витрати внаслідок реалізації запланованих можливостей. Іноді можливості мають в собі не тільки велику привабливість, але й значний ризик. Один і той самий наслідок може бути як небезпекою, так й можливістю, проте це залежить від етапу на якому

перебуває стартап-проекту та кількості інвестицій що виділені для його реалізації.

Мета SWOT-аналізу не визначити та з'ясувати всі слабкі та сильні сторони, це досить складно і не гарантує досягнення максимальної ефективності. Команда стартап-проекту повинна акцентувати увагу на тих із них, що можуть стати основними факторами успіху чи невдачі проекту, а надто широкий перелік пунктів розсіює ті, що є найбільш важливішими [28]. Структурувати ситуацію в проекті і на ринку, роздивитись загрози та можливості SWOT-аналіз допомагає шляхом визначення сильних та слабких сторін проекту в порівнянні з його конкурентами, для даної стартап ідеї аналіз розглянуто у вигляді таблиці 5.12.

Таблиця 5.12. SWOT- аналіз стартап-проекту.

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Швидкість підзарядки 2. Віддалене управління 3. Сертифікація 4. Облік енергії 5. Моніторинг стан 6. Сповіщення власника і водія 	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Відео нагляд 2. Відсутність GPS 3. Рекламна кампанія 4. Контролери іноземного виробництва
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. продаж енергії 2. обладнання паркінгів 3. встановлення разом з покупкою 	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Копіювання функцій 2. Паркування авто ДВЗ 3. Зниження цін зарядних станцій постійного струму у 8-10 раз

Згідно з проведеним аналізом потрібно враховувати що відсутність відео нагляду як слабкої сторони спричиняє загрозу паркування авто з двигуном внутрішнього згорання. В той час як паркомісце буде зайняте проте зарядний пристрій не підключений до автомобіля, агент моніторингу стану буде сигналізувати про вільне місце яке доступне до підзарядки електромобіля. Також

можлива загроза з боку копіювання функцій, тому потрібно з самого початку створювати позитивну репутацію продукту і демонструвати його переваги завдяки особливим функціям. На основі аналізу проведеного в таблиці вище потрібно розробити альтернативи ринкової поведінки для розвитку стартап-проекту та виведення його на ринок за орієнтований оптимальний час за який можуть бути виведені продукти інших стартап-проектів. Визначення альтернатив аналізується з точки зору термінів та ймовірності отримання ресурсів. Дані альтернативи та розглянуто в таблиці 5.13.

Таблиця 5.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту.

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Терміни реалізації
1	Створити перші прототипи у вигляді стендів	Отримання ресурсів буде швидким за рахунок швидкої доставки вже готової продукції	3-4 тижні
2	Заміна компонентів з кращими характеристиками	У випадку швидкої зміни ринку можна використовувати готові модулі.	1-2 місяці
3	Заміна компонентів на компоненти власного виробництва.	Програмна частина потребуватиме удосконалення.	2-3 місяці

Найбільш доречною альтернативою є використання другого пункту. Навіть коли створення початкових прототипів як стендів вказує на коротші терміни реалізації, проте дана поведінка на ринку не зможе забезпечити необхідної якості та ергономічності продукту, що буде заважати користувачам при роботі з даним пристроєм та може мати поганий вплив на репутацію стартап-проекту.

5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Глибокий аналіз та дослідження ринку збуту та просування продукту передбачає необхідність його розгляду як диференційованої структури залежно від секцій споживачів і споживацьких характеристик, властивостей продукту, що в широкому розумінні означає поняття сегментації ринку. Відповідно до кожного визначеного сегменту ринку потрібно розробити оптимальний варіант продукту та розробити індивідуальну стратегію. Сегментація ринку проводиться з метою найкращого задоволення попиту споживачів у різноманітних товарах, а також для оптимізації витрат компанії виробника продукту на розроблення системи виробництва, випуск і реалізацію товару. Розробка ринкової стратегії проекту першим завданням передбачає визначення стратегії для максимального охоплення ринку. опис цільових груп потенційних споживачів, і описана в таблиці 5.14.

Таблиця 5.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів.

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Кінцевий користувач	Висока	Середній	Інтенсивна	Низька складність
2	Власники бізнесу	Середня	Низький	Інтенсивна	Середня складність
3	Оператори ЕЗС	Середня	Низький	Інтенсивна	Середня складність
4	Виробники електромобілів	Низька	Низький	Не інтенсивна	Висока складність

Основними споживачами продукції являються власники електромобілів, як планують заряджати їх на власних прибудинкових територіях. Оскільки виробники електромобілів постачають при покупці автомобіля значно обмежений зарядний пристрій без функцій моніторингу та управління, тому власники електромобілів зацікавлені отримати пристрій з такою можливістю, який не тільки заряджатиме їх електромобіль, а й оптимізуватиме навантаження на електромережу. Низька складність виготовлення пристроїв і можливість швидкого входу в ринок для домашнього користування провокує виникнення значної кількості виробників тому інтенсивність конкуренції в даному сегменті найвища. Оскільки інтенсивність в одному сегменті висока, потрібно також розроблювати стратегію для ринку з низькою конкретністю і простотою входу вище низької складності, що вимагає більшої точності до обрахунку споживання енергії та стабільності роботи пристрою, можливості самовідновлення до робочого стану при виникненні позаштатної ситуації. Для просування продукту потрібно робити стратегію диверсифікованого маркетингу. Для просування продукту в визначених сегментах ринку потрібно сформулювати базову стратегію розвитку поведінки, ключові особливості розробленого продукту від команди стартап проекту, базову стратегію розвитку на ринку, стратегію для максимального охоплення ринку збуту на якому планується ведення конкурентної боротьби для даного продукту вона відображена в таблиці 5.15.

Таблиця 5.15. Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку компанії	Стратегія для охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні особливості відносно до даної альтернативи	Базова стратегія для розвитку
---------------------------------------	-------------------------------	--	-------------------------------

Удосконалення програмного продукту, заміна компонентів на удосконалені модифікації.	Швидке налаштування виготовлення під мінливий ринок. Висока якість обслуговування	Підвищення швидкості зчитування даних з периферійних модулів, покращення швидкості обрахунків спожитої енергії та потужності споживання в реальному часу. Можливість балансування потужності в рамках одного кластеру пристроїв одного виробника.	Стратегія диференціації
---	--	--	-------------------------

У результаті того, що запропонований продукт являється специфічним, в першу чергу він орієнтується на потреби власників електромобілів в підзарядці акумуляторів високовольтних батарей, останнім групам будуть запропоновані часткові модифікації [29]. Диференціація продукту буде вирізнятись у високій точності вимірювань, що буде забезпечуватися різними периферійними модулями із сенсорами різної точності, та обслуговуванням, що буде забезпечувати консультації, технічну підтримку, гарантійний сервіс пристрою. Стратегія диференціації описує надання стартап продукту необхідних з точки зору кінцевого користувача відмінних особливостей, що роблять продукт унікальним на фоні товарів існуючих компаній. Дані відмінності може ґрунтуватися на об'єктивних або суб'єктивних відчуттях, відчутних і невідчутних властивостях товару. Інструментом реалізації стратегії диференціації є ринкове позиціонування. Головними навичками, які повинна мати компанія, що приймає дану стратегію, є генерування маркетингових новинок, розробка продуктових інноваційних функцій. Наступним пунктом є вибір стратегії конкурентної поведінки, що відображена в таблиці 5.16.

Таблиця 5.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Стратегія охоплення ринку	Чи буде стартап копіювати головні характеристики товару аналогу, та які?	Базова стратегія розвитку
Проект не є першопрохідцем в галузі, а ґрунтується на досвіді та відгуках покупців про існуючі пристрої підзарядки електромобілів.	Пошук нових клієнтів на ринку, залучення до співпраці нових власників бізнесу.	Стартап проект буде копіювати основні характеристики товару, які досягли максимум продуктивності в даному класі, такі як потужність передачі енергії для зарядних роз'ємів змінного струму, а також функції обрахунку потужності, проте технологічна реалізація буде власною.	Стратегія наслідування лідеру

У зв'язку з оптимізацією витрат та економії фінансових ресурсів стартап проект буде дотримуватися базової стратегії розвитку наслідування компаніям лідерам. Дана стратегія притаманна компаніям у випадку олігополії на ринку, також на ринку слабо виражений масштаб ринку збуту що не дозволяє отримати значні переваги від масштабів збуту на національному ринку. Для ефективної реалізації даного проекту потрібно виконувати постійний моніторинг витрати на кожній стадії проекту [30]. В даній стратегії відсутні витрати на утримання домінуючого положення на ринку, основним завданням для стартап проекту буде пошук нових клієнтів які опосередковано знайомі з галуззю продукту та залучення їх до співпраці. На основі вимог клієнтів з вибраних сегментів ринку до виробника та продукту, а також у відповідності до обраної стратегії розвитку та конкурентної поведінки потрібно відобразити стратегію позиціонування, що полягає в ідентифікації торгової марки продукту. Для даного проекту вона визначена в таблиці 5.17.

Таблиця 5.17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Якість	Стратегія диференціації	Швидкість обробки сигналів, точність вимірювань, відмовостійкість.	Швидкість відповідей на запити.
2	Обслуговування	Стратегія диференціації	Підтримка після продажна, гарантійний ремонт, після гарантійний ремонт	Легкість у використанні, підтримка після покупки
3	Вартість	Стратегія диференціації	Доступна ціна, висока якість, модульність	Легкість у використанні

Як видно з таблиці, основними вимогами цільової аудиторії є якість товару, обслуговування, та доступна вартість при дотриманні високих стандартів виготовлення. Покупці хочуть бути впевненими в підтримці після покупки товару, що компанія виробник не залишає їх один на один з технічно складним продуктом. Вказаних факторів можна досягнути використовуючи якісні комплектуючі, маючи в складі команди проекту відповідальних осіб за контакти з існуючими клієнтами та створення модульної архітектури пристрою для забезпечення різноманітних варіацій пристрою для різних сегментів ринку, забезпечуючи цим доступність ціни і надання лише необхідних функцій. В результаті дослідження проведеного в даному підрозділі, в компанії стартап-

проекту повинна бути сформована єдина політика щодо просування продукту та позиціонування торгової марки на ринку [31].

5.5. Розробка маркетингової програми стартап-проекту

Для розробки маркетингової стратегії необхідно першим пунктом сформулювати концепцію товару, яку отримає споживач, відображено в таблиці 5.18.

Таблиця 5.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (створені або такі, що необхідно розробити)
1	Якість	Високі характеристики	Використання ергономічних компонентів.
2	Функціонал	Деталізований моніторинг	Отримання сповіщень в смартфон.
3	Вартість	Доступна вартість	Модульна внутрішня архітектура.

Вигідними сторонами продукту вибрано високі характеристики стабільності роботи, точності обрахунків, широкого набору функцій та доступної вартості, що надає перевагу описаному товару у порівнянні з конкурентами. Модульність внутрішньої побудови пристрою дозволяє замовити клієнту лише необхідні функції відповідно до його спланованого бюджету [32].

Далі розроблена трирівнева маркетингова модель продукту, в якій уточнюється сутність послуги чи продукту, його архітектурні складові, технічні підходи для користування, у вигляді таблиці 5.19.

Таблиця 5.19. Визначення ключових переваг концепції потенційного продукту

Рівні товару	Складові і сутність		
I. Товар при задумі	Зарядний пристрій з агентом моніторингу використовується для підзарядки електромобіля у вигідний для цього час враховуючи дані від зовнішнього агента енергомережі який обмежує потужність відповідно до вартості електроенергії та потреб користувача в готовності необхідної кількості енергії до визначеного часу відправлення.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	Значення	Одиниці виміру
	Кабель	5	метрів
	Дисплей LCD	1	шт
	Датчик сили струму	0-100	Ампер
	Датчик напруги	160-260	Вольт
	Похибка датчику вологості	2	Відсотки
	Похибка датчику температури	0.5	Градуси
	WIFI модуль	b/g/n	Стандарти
	Потужність підзарядки	6-40	Ампер
	Похибка підрахунку енергії	1	Відсоток
	Захист від ураження струмом	30	Мілі Ампер
III. Товар із підкріпленням	Гарантійний ремонт Безкоштовна доставка Наявність аксесуарів в комплекті Наявність інструкції в комплекті		

Потенційний товар буде захищено від копіювання за рахунок наявності логотипу, введення комерційної таємниці на розрахунки, програмну частину модуля управління та моніторингу, патент.

5.6. Висновки до розділу

Беручи до уваги на отримані результати в процесі розробки стартап-проекту можна сказати. Основний сегмент цільової аудиторії буде використовувати агент моніторингу та управління пристроєм за початковим задумом, також ситуація коли виробники електромобілів постачають разом із своїм товаром зарядний пристрій не є перешкодою. Як визначено в таблиці визначення ключових переваг потенційного товару, у виробників автомобілів основним товаром є електромобіль а зарядний пристрій є підкріпленням до основного товару, яку не приділяється багато уваги, тому вони не оснащені агентами управління та моніторингу, в зарядних пристрої відсутній контроль потужності відповідно до стану завантаженості електромережі або розроблено такий що не може отримувати дані від зовнішніх джерел.

Динаміка ринку показує зростаючий попит на електромобілі і зарядні пристрої до них, а оскільки вартість електроенергії в години пік буде значно зростати через підзарядку електромобілів без регулювання потужності, в покупців електромобілів настане момент коли доцільність використання зарядного пристрою з моніторингом електроенергії значно перевищить переваги від витрат на їх придбання.

ВИСНОВКИ

В результаті дослідження проблеми перенавантаження енергомережу та розробки програмного продукту агенту моніторингу та управління зарядною станцією електромобіля покращено функціональність зарядних блоків електромобіля що призвело до зниження потужності енергоспоживання в пікові моменти попиту споживання на електроенергію.

Програмно – апаратний комплекс протестований та готовий до впровадження в зарядні пристрої для електромобілів. Проведені вимірювання енергоспоживання під час управління блоком підзарядки за допомогою розробленого агенту відображають позитивні результати щодо зменшення навантаження на енергомережу, виконання обмеження потужності за командами від зовнішніх автоматизованих агентів та за командами власника електромобіля.

В зв'язку з постійним зростанням споживання електроенергії та ростом попиту на екологічні транспортні засоби, зокрема, електромобілі впровадження агентів моніторингу та управління в блоки зарядних станцій є актуальним на даний момент та на наступний період протягом якого буде актуальним використання автомобілів з тяговими високовольтними акумуляторами.

Розвиток децентралізованих мереж постачання електроенергії та рух провідних урядів світу до впровадження ринку електроенергії з динамічною вартістю електроенергії підтверджує актуальність теми використання агентів моніторингу споживання для потужних споживачів. Доцільність використання функції регулювання потужності сили струму споживання дозволяє не лише збалансувати енергомережу а й заощадити кошти для власників електромобілів.

Компактні розміри апаратної частини дозволяють вбудувати його в більшість існуючих зарядних пристроїв та розроблювати нові пристрої з врахуванням розміщення відповідного модуля управління та моніторингу.

Система розроблена таким чином що відкрита до продовження удосконалень програмного продукту, доповнення функціоналу для управління перенаправлення потоків енергії між електромобілем та енергомережою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Санатов Д. В. Тенденции развития технологий Smart Grid / Д. В. Санатов, руководитель проектного направления Фонд «ЦСР «Северо-Запад» [Электронный ресурс] // – Режим доступа : <http://www.slideshare.net/skukraine/huawei-smart-grid-rus>
2. INAKI G. Management of Electric Vehicle Battery Charging in Distribution Networks : дис. канд. техн. наук / INAKI GRAU UNDA – Cardiff, 2012. – 164 с.
3. NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 3.0. [Концепция и дорожная карта по стандартам взаимодействия для Smart Grid] / NIST – Национальный институт технологий и стандартизации, США; Государственный коммерческий департамент США [Электронный ресурс] // – Режим доступа: [https:// nist.gov/sites/default/files/documents/smartgrid/NIST-SP-1108r3.pdf](https://nist.gov/sites/default/files/documents/smartgrid/NIST-SP-1108r3.pdf)
4. Bush S. F. Smart Grid: Communication-Enabled Intelligence for the Electric Power Grid / Stephen F. Bush. – Хобокен: Wiley-IEEE Press, 2013. – 576 с.
5. Momoh J. Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis / James Momoh. – Hoboken: Wiley-IEEE Press, 2012. – 232 с.
6. Кобець Б. Б. Інноваційне розвиток електроенергетики на базі концепції Smart Grid / Б. Б. Кобець, І. О. Волкова. – Москва: ІАЦ Енергія, 2010.
7. Использование технологии SMART GRID для повышения эффективности энергосетей / А. О. Лунтовский, А. И. Семенко, С. В. Губанков // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. - 2014. - № 2. - С. 21-26. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nzundiz_2014_2_6
8. Stoustrup J. Smart Grid Control: Overview and Research Opportunities / Jakob Stoustrup. – Берлін: Springer, 2018. – 262 с.
9. Knapp E. Applied Cyber Security and the Smart Grid: Implementing Security Controls into the Modern Power Infrastructure / Eric D. Knapp. – Амстердам: Syngress, 2013. – 224с.

10. Lea P. Internet of Things for Architects: Architecting IoT solutions by implementing sensors, communication infrastructure, edge computing, analytics, and security / Perry Lea. – Бірнінгем: Packt Publishing, 2018. – 524 с.
11. Ли П. Архитектура интернета вещей / Перри Ли. – Москва: ДМК-Пресс, 2019. – 454 с.
12. Fattah H. 5G LTE Narrowband Internet of Things (NB-IoT) / Hossam Fattah. – Бока-Ратон: CRC Press, 2018. – 262 с.
13. Dahlman E. 5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology / E. Dahlman, S. Parkvall, J. Skold. – Кеймбридж: Academic Press, 2018. – 466 с.
14. Seneviratne P. Beginning LoRa Radio Networks with Arduino: Build Long Range, Low Power Wireless IoT Networks / Pradeeka Seneviratne. – Нью-Йорк: Apress, 2019. – 324 с.
15. Power Line Communications: Theory and Applications for Narrowband and Broadband Communications over Power Lines / H.Ferreira, L. Lampe, J. Newbury, T. Swart. – Нью-Джерси: John Wiley & Sons, 2010. – 210 с.
16. Lampe L. Power Line Communications: Principles, Standards and Applications from Multimedia to Smart Grid, 2nd Edition / L. Lampe, A. Tonello, T. Swart. – Хобокен: John Wiley & Sons, 2016. – 624 с.
17. MIMO Power Line Communications: Narrow and Broadband Standards, EMC, and Advanced Processing / L. T.Berger, A. Schwager, P. Pagani, D. Schneider. – Бока-Ратон: CRC Press, 2017. – 710 с. – (1).
18. Carcelle X. Power Line Communications in Practice / Xavier Carcelle. – Норвуд: Artech House, 2009. – 379 с. – (1).
19. Goldfisher S. IEEE 1901 Access System: An Overview of Its Uniqueness and Motivation / S. Goldfisher, S. Tanabe. // IEEE Communications Magazine. – 2010. – С. 150–157.
20. Schwartz M. Internet of Things with ESP8266 / Marco Schwartz. – Бірнінгем: Packt Publishing, 2016. – 226 с.
21. Lombardi A. WebSocket: Lightweight Client-Server Communications / Andrew Lombardi. – Массачусетс: O'Reilly Media, 2015. – 144 с. – (1).

22. Блум Д. Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry / Джеремі Блум. – Нью-Джерсі: John Wiley & Sons, 2002. – 384 с.
23. Бутч Г. The Unified Modeling Language User Guide / Г. Бутч, Р. Джеймс. – Бостон: The Unified Modeling Language User Guide, 2005. – 496 с.
24. Демарко Т. Deadline. Роман об управлении проектами / Том Демарко. – Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 336 с.
25. Ларман К. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования / Крег Ларман. – Москва: Диалектика-Вильямс, 736. – 2019 с.
26. Черткова О. О. Программная инженерия. Визуальное моделирование программных систем. / Олена Олександрівна Черткова. – Москва: Юрайт, 2017. – 532 с.
27. Хассан Г. Хассан Гома: UML Проектирование систем реального времени, распределенных и параллельных приложений / Гома Хассан. – Москва: Літрес, 2016. – 702 с.
28. Палеха Ю. Основы менеджменту. Теорія і практика. / Ю. Палеха, Г. Мошек, І. Миколайчук. – Київ: Ліра-К, 2018. – 528 с.
29. Ек Д. Інноваційний менеджмент / Джей Ек. – Москва: Альпіна Паблішер, 2018. – 206 с.
30. Гаспарян О. Стратегический маркетинг / Олена Гаспарян. – Москва: Альпіна Паблішер, 2018. – 224 с.
31. Минетт С. B2B-маркетинг: разные подходы к разным типам клиентов. / Стив Минетт. – Москва: Вільямс, 2004. – 208 с.
32. Бураковський І. Світова економіка: глобальна фінансова криза / І. Бураковський, О. Плотніков. – Харків: Фоліо, 2010. – 415 с.

ДОДАТОК А

Мультиагентні системи в децентралізованих
мережах енергоспоживання

Публікації

УКР.НТУУ “КПІ” ім. Ігоря Сікорського
_ТЕФ_АПЕПС_ТІ41149_19М

Аркушів 4

Київ 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИКИ

Матеріали XVII Міжнародної
науково-практичної конференції
молодих вчених та студентів
м. Київ, 23-26 квітня 2019 року,

ТОМ 2



Київ- 2019

Використання методів виявлення автоматичних моделей поведінки для побудови аналітичних сценаріїв.	122
<i>ОЛЄНЄВА К.М., аспірант;</i>	
<i>ШПУРИК В.В.</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Коваль О.В.</i>	
Візуалізації структури KNX-мережі з використанням людинно-машинного інтерфейсу.	123
<i>ЯШИН А.С., магістрант гр. ТМ-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.е.н. Сегеда І.В.</i>	
Розробка агента моніторингу і управління попитом на електричну енергію "Розумної будівлі".	124
<i>ШАРНІН С.А., магістрант гр. ТІ-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Ковальчук А.М.</i>	
Агент моніторингу та управління режимами роботи мікроенергостанцій.	125
<i>СТОЛЯР А.В., магістрант гр. ТВ-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Ковальчук А.М.</i>	
Розробка серверної частини для веб-додатку відкритий спортивний майданчик з е-сервісами.	126
<i>СЕРБІН А.В., магістрант гр. ТВ-82</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Ковальчук А.М.</i>	
Розв'язок задачі обрахунку водонагрівача в інтерактивному режимі з використанням клієнт-серверної архітектури.	127
<i>РОМАНОВ О.В., магістрант гр. ТВ-61мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Кузьменко І.М.</i>	
Оцінка територій для побудови вітроелектростанцій із застосуванням мультіагентних технологій та ГІС.	128
<i>ПІДВИШЕННИЙ Т.О., магістрант гр. ТВ-81мп</i>	
<i>Керівник - асист. Швайко В.Г.</i>	
REST-інтерфейс як основа комунікації систем контролю доступу.	129
<i>ОБРУСНІК Д.В., студент гр. ТВ-82мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.е.н. Левченко Л.О.</i>	
Інструментальні засоби аналізу впливу параметрів експерименту на сигнатуру морського об'єкту.	130
<i>ОБІЩЕНКО А.А., магістрант гр. ТВ-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Варава І.А.</i>	
Система моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі.	131
<i>КУРСЕНКО Л.О., магістрант гр. ТІ-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Шпурик В.В.</i>	
Інструментальний засіб підтримки динамічного реєстру інформаційних ресурсів на базі ОРБД Caché.	132
<i>КОСТЕНКО О.П., магістрант гр. ТВ-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Кублій Л.І.</i>	
Мультіагентні системи в децентралізованих мережах енергоспоживання.	133
<i>ЖОРНОВИЙ Е.Г., магістрант гр. ТВ-82</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Ковальчук А.М.</i>	
Розробка веб-додатку для відкритого спортивного майданчику з е-сервісами.	134
<i>АМБРОС С.М., магістрант гр. ТВ-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Ковальчук А.М.</i>	

УДК 004.45

Магістрант 5 курсу, гр. ТВ-82 Жорновий Е.Г.
Доц., к.т.н. Ковальчук А.М.

МУЛЬТИАГЕНТНІ СИСТЕМИ В ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ МЕРЕЖАХ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

В останні роки спостерігається глобальна еволюція у виробництві та споживанні енергії внаслідок зміни клімату, створенні нових потужних споживачів та скінченності природних копалин. Актуальність розробки технологій інтелектуальних електромереж SmartGrid[1] які оптимізують доставку енергії до кінцевого споживача з кожним роком лише збільшується. Для стабільного постачання електроенергії уряди провідних країн світу, зокрема і України, вводять пільгові тарифи на встановлення домашніх сонячних та вітрогенеруючих станцій, проте виникає проблема в виділенні коштів із бюджету для фінансування таких домогосподарств. Іншим варіантом створення децентралізованої електромережі мережі є встановлення акумуляторів великої ємності в місцях, найближчих до кінцевого споживача. Для держави даний варіант потребує значних затрат, проте із актуалізацією електромобілів створення такої мережі значно спрощується. Електромобіль може виступати не лише засобом пересування, а й коміркою із великим запасом енергії яка підключена до загальної електромережі під час підзарядки.

Вирішенням проблеми є створення розумної зарядної станції для гібридних автомобілів та електромобілів із вбудованим агентом для мультиагентної мережі[2]. Дана розробка з'єднується із зовнішньою електромережею загального користування та електромобілем або гібридним автомобілем. В пікові моменти електроспоживання енергія до кінцевого споживача іде з акумуляторної батареї підключеного автомобіля, а в години найнижчого споживання заряд іде до батареї, щоб наповнити її для подальшого використання в системі SmartGrid або пересування на електромобілі. Агент зарядної станції повинен обмінюватися даними із електромобілем, такими як: сила струму, температура батареї, час відправлення автомобіля, дозвіл на використання акумуляованої енергії в системі децентралізованого постачання. Також повинен вестися обмін даними із агентом електромережі, який надає інформацію про активність споживання енергії, завантаженість загальної мережі, вартість споживання та постачання енергії кінцевим користувачем в кожен момент часу. Використання мультиагентних систем у вирішенні даної проблеми є найбільш доцільне, оскільки це децентралізована система зв'язку, яка може буде використана в найвіддаленіших місцевостях, де підключення до серверу неможливе при використанні стандартної клієнт-серверної архітектури. Збільшення попиту на електромобілі лише підтверджує оптимальність вибору даного варіанту для розвитку децентралізованих енергомереж.

Перелік посилань:

1. Санатов Д. В. Тенденции развития технологий Smart Grid / Д. В. Санатов, руководитель проектного направления Фонд «ЦСР «Северо-Запад» [Електронний ресурс] // – Режим доступу : <http://www.slideshare.net/skukraine/huawei-smart-grid-rus>
2. INAKI G. Management of Electric Vehicle Battery Charging in Distribution Networks : дис. канд. техн. наук / INAKI GRAU UNDA – Cardiff, 2012. – 164 с.

ДОДАТОК Б

Мультиагентні системи в децентралізованих
мережах енергоспоживання

Акт Впровадження

УКР.НТУУ “КПІ” ім. Ігоря Сікорського
_ТЕФ_АПЕПС_ТІ41149_19М

Аркушів 2

Київ 2019

"Затверджую"

Коваль О. В.

(п.і.б., підпис)

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дипломної роботи магістра Жорнового Е. Г. на тему «Агент моніторингу та управління зарядною станцією електромобіля», яка виконана в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» (НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського») 2019р.

Нами, представниками кафедри автоматизації проектування енергетичних процесів і систем НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» даний акт складено про те, що в рамках учбового процесу кафедрі автоматизації проектування енергетичних процесів і систем НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» прийняті результати дипломної роботи магістра Жорнового Е. Г., а саме агент моніторингу та управління у вигляді програмно-апаратного комплексу, а також документацію програмного супроводу. Результати роботи використано в рамках курсу «Програмування Embedded-систем» та «Проектування мульти-агентних енергетичних систем»

Керівник дипломної роботи

(підпис)

Ковальчук А. М.

Представник кафедри АПЕПС НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Представник

(підпис)

Шпурик В. В.